BURZO IOAN
Editor

MODIFICĂRILE CLIMATICE ȘI EFECTELE ASUPRA PLANTELOR HORTICOLE

III - 12.550

SITECH

BURZO IOAN
Editor

MODIFICĂRILE CLIMATICE ȘI EFECTELE ASUPRA PLANTELOR HORTICOLE

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ado 511 - 12.550

BURZO IOAN

30 lei

MODIFICĂRILE CLIMATICE ȘI EFECTELE ASUPRA PLANTELOR HORTICOLE

B.C.U. IASI
794455

Editura SITECH
Craiova, 2014

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Corectura aparţine autorului.

© 2014 Editura Sitech Craiova
Toate drepturile asupra acestei ediţii sunt rezervate editurii. Orice reproducere integrală sau parţială, prin orice procedeu, a unor pagini din această lucrare, efectuate fără autorizaţia editorului este ilicită şi constituie o contrafacere. Sunt acceptate reproduceri strict rezervate utilizării sau citării justificate de interes ştiinţific, cu specificarea respectivei citări.

© 2014 Editura Sitech Craiova
All rights reserved. This book is protected by copyright. No part of this book may be reproduced in any form or by any means, including photocopying or utilised any information storage and retrieval system without written permision from the copyright owner.

Editura SITECH din Craiova este acreditată de C.N.C.S. din cadrul Ministerului Educaţiei Naţionale pentru editare de carte ştiinţifică.

Editura SITECH Craiova, România
Aleea Teatrului, nr. 2, Bloc T1, parter
Tel/fax: 0251/414003
E-mail: sitech@rdsmail.ro

MOVEMENT
ROMANIAN
FOR
QUALITY
Certificat Nr. 342
ISO 9001

radu
B. C. U. „M. EMINESCU" ... ŞI
BIOLOGIE
10. 12. 2014

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
BURZO, IOAN
Modificările climatice şi efectele asupra plantelor horticole / Burzo Ioan. - Craiova : Sitech, 2014
Bibliogr.
ISBN 978-606-11-3970-5

63

ISBN 978-606-11-3970-5

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CUPRINS

1. MODIFICĂRILE CLIMATICE CAUZE ŞI PERSPECTIVE 7
Şerdinescu A., Pisargeac M., Mihaela Croitoru
1.1. Modificările climatice la nivel global 9
1.2. Modificările climatice din românia 24

2. EFECTELE MODIFICĂRILOR CLIMATICE ASUPRA PROCESELOR METABOLICE DIN PLANTELE HORTICOLE 42
Burzo I., Aurelia Dobrescu, Aurelia Diaconu, Marieta Ploae
2.1. Efectul modificărilor climatice asupra creşterii şi dezvoltării plantelor horticole 46
2.2. Efectele modificărilor climatice asupra proceselor de sinteză din plantele horticole 64
2.3. Efectul modificărilor climatice asupra proceselor de biodegradare din plantele horticole 74
2.4. Efectele modificărilor climatice asupra regimului de apă al plantelor horticole 80
2.5. Efectele modificărilor climatice asupra producţiei şi calităţii acesteia 91

3. RECEPŢIA ŞI TRANSMITEREA SEMNALELOR LA ACŢIUNEA FACTORILOR DE STRES 104
Burzo, I., Maria-Magdalena Zamfirache
3.1. Factorii de stres care induc semnale în plante 107
3.2. Recepţia semnalelor din mediul ambiant 109
3.3. Mesagerii secundari 112
3.4. Transmiterea semnalelor la nivel celular 115
3.5. Transmiterea semnalelor între celule sau la nivelul întregii plante 118
3.6. Factorii de transcripţie 121
3.7. Activarea genelor 122

4. REACŢIILE DE RĂSPUNS LA STRESUL TERMIC ŞI HIDRIC - ACLIMATIZAREA PLANTELOR HORTICOLE 125
Maria-Magdalena Zamfirache, Burzo, I., Aurelia Dobrescu
4.1. Sinteza proteinelor de şoc termic (HSPS) 127
4.2. Sinteza proteinelor LEA (late embryogenesis abundant proteins) 135
4.3. Sinteza de sARNs (small-ARNs) 141

BOTANICAL GENERAL LIBRARY

4.4. Sinteza de substanțe osmotic active 141
4.5. Sinteza acvaporinelor 149
4.6. Sinteza enzimelor și a substanțelor antioxidante 150
4.7. Sinteza hormonilor implicați în stresul hidric 155
4.8. Sinteza de poliamine 164

5. MĂSURI PENTRU EVITAREA PAGUBELOR PRODUSE DE MODIFICĂRILE CLIMATICE LA PLANTELE HORTICOLE 165
Aurelia Diaconu, Toma V., Mihaela Croitoru, Răţoi I., Marieta Ploae, Elena Ciuciuc, Ploae P.
5.1. Reducerea surselor de poluare a atmosferei cu gaze cu efect de seră din domeniul agricol 168
5.2. Extinderea sistemelor de irigații 169
5.3. Îmbunătățirea managementului apei 179
5.4. Plantarea de perdele forestiere de protecție; 188
5.5. Soluții tehnologice de combatere a efectelor schimbarilor climatice 193
5.6. Extinderea în cultură a speciilor și soiurilor rezistente la stresul termo hidric 209
5.7. Obținerea de plante transgenice rezistente la stresul termic și hidric 217

6. BIBLIOGRAFIE 223

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITAR

1. MODIFICĂRILE CLIMATICE CAUZE ŞI PERSPECTIVE

Şerdinescu A., Pisargeac M., Croitoru Mihaela

1.1. Modificările climatice la nivel global 9

1.2. Modificările climatice din România 24

Condiţiile climatice de pe suprafaţa globului terestru au suferit modificări pentru perioade mai scurte sau mai lungi de timp, care au afectat teritorii mai mari sau mai mici (Le Roy Ladurie, 1971; Pfister, 1988). Modificările climatice cu anvergură mai mare au avut loc în timpul deplasării soarelui pe orbita sa eliptică (Milankovitch, 1930), cu ocazia formării şi deplasării continentelor, datorită căderii unor meteoriţi uriaşi (ex. cel din Golful Mexic) sau, după Kalik (2008), datorită activităţii solare, care are cicluri de 2400 de ani, de 200 de ani, de 80 – 90 de ani şi de 11 – 22 ani.

Modificări climatice, de mai mică anvergură şi mai lente, s-au produs ca urmare a acumulării gazelor cu efect de seră rezultate în urma activităţilor umane, a degajării de gaze în timpul erupţiilor vulcanice (ex. erupţia vulcanului Pinatubo, în anul 1991), ca urmare a reducerii consumului de dioxid de carbon în procesul de fotosinteză, datorită defrişării pădurilor şi datorită exploziilor solare.

Aceste modificări, înregistrate îndeosebi în ultimele două decenii, sunt atent monitorizate de Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) înfiinţat în anul 1988 de către World Meteorogical Organization (WMO) şi de United Nations Environment Programe (UNEP). Cel de-al 4-lea Raport de evaluare al IPCC evidenţiază cu claritate faptul că schimbările climatice la nivel mondial

BCU IAŞI / CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

vor avea consecințe directe asupra evoluției probabile a producției agricole, afectând stabilitatea politică, economică și socială, îndeosebi în regiunile mai puțin prospere care nu dispun de resursele financiare și capacitățile necesare adaptării.

În Raport se menționează că „ *încălzirea sistemului climatic este fără echivoc, așa cum reiese din observațiile asupra creșterii temperaturii aerului și oceanelor, topirii masive a ghețarilor și asupra unei creșteri globale a nivelului mediu al mărilor*".

Și în cadrul Raportului tehnic nr. 13/2007 al Agenției Europene pentru Mediu se precizează că „ *o creștere cu două grade Celsius peste temperatura normală va duce la creșterea semnificativă a riscului schimbărilor climatice, în mod periculos și imprevizibil, precum și la creșterea costurilor de adaptare*".

Agricultura constituie un factor determinant al schimbărilor climatice globale, care, la rândul lor, își pun amprenta asupra acesteia. Un procent ridicat din gazele cu efect de seră (metanul, protoxidul de azot, etc.) provine din activitățile agricole și este previzibil ca acest sector al economiei să resimtă poate cel mai puternic efectele schimbărilor climatice. Acest impact mutual dintre climă și agricultură este mai pregnant în prezent, deoarece schimbările și variabilitatea climatică se manifestă pe scară largă.

Deoarece schimbările climatice s-au produs gradat până în prezent și se estimează că se vor produce tot gradat și în viitor, civilizația modernă se va putea adapta, în condițiile în care resursele financiare vor fi suficiente pentru a contracara impactul acestora.

IPCC apreciază că amenințarea schimbărilor climatice gradate și impactul asupra rezervelor de hrană și a altor resurse de importanță majoră pentru omenire nu va avea un caracter atât de grav încât să creeze probleme de securitate națională și estimează că beneficiile venite din partea inovațiilor tehnologice vor fi capabile să depășească efectele negative ale schimbărilor climatice.

BCU INSTITUTUL CENTRAL UNIVERSITAR LIBRARY

1.1. MODIFICĂRILE CLIMATICE LA NIVEL GLOBAL

Soarele este corpul ceresc fără de care nu ar fi putut exista viață pe pământ, el asigurând nu numai lumina necesară nutriției fotosintetizante a plantelor, ci influențând și evoluția factorilor climatici: temperatura, precipitațiile, vânturile, curenții marini, etc.

Radiațiile electromagnetice emise de corpul incandescent al soarelui ajung pe suprafața pământului sub formă de lumină, care este alcătuită din totalitatea radiațiilor care alcătuiesc spectrul vizibil: roșu, portocaliu, galben, verde, albastru, indigo și violet. Acestea reprezintă circa 44 % din radiațiile emise de către soare și odată cu acestea pe suprafața pământului ajung și radiații din spectrul invizibil, așa cum sunt radiațiile ultraviolete și infraroșii.

Atmosfera reține circa 50 % din energia provenită din radiațiile solare, iar restul ajunge pe suprafața pământului. După Desonie (2008), aproximativ 47 % din această energie este utilizată pentru încălzirea solului și a oceanelor, contribuind în sens pozitiv la desfășurarea vieții pe glob, aproximativ 3 % este reflectată de suprafața solului, 8 % este dispersată în atmosferă, 23 % este reflectată de nori iar 19 % este absorbită de nori și de atmosferă (Figura 1.1.). Din radiațiile reflectate de sol și de nori în atmosferă (cca. 26 %), o mică parte se pierde în spațiu iar cea mai mare parte din radiații sunt reținute de gazele cu efect de seră din troposferă (11 km) și sunt reflectate înapoi spre pământ. Gazele care determină realizarea efectului de seră sunt: dioxidul de carbon (CO_2), oxizii azotului (NO și N_2O), metanul (CH_4), amoniacul (NH_3), dioxidul de sulf (SO_2), ozonul (O_3), freonii (clorofluorocarburi), vaporii de apă, etc.

În lipsa acestor gaze, radiațiile calorice reflectate de globul terestru s-ar pierde în spațiul cosmic, temperatura aerului ar scădea la circa -18 °C iar formele de viață de pe pământ ar suferi modificări majore. Prin reflectarea înapoi spre pământ a unei părți din radiațiile calorice de către aceste gaze tempera-

B.C.U. „M. EMINESCU" IAȘI BIOLOGIE

tura aerului la nivel planetar se menține la o valoare medie de aproximativ 15°C (Desonie, 2008).

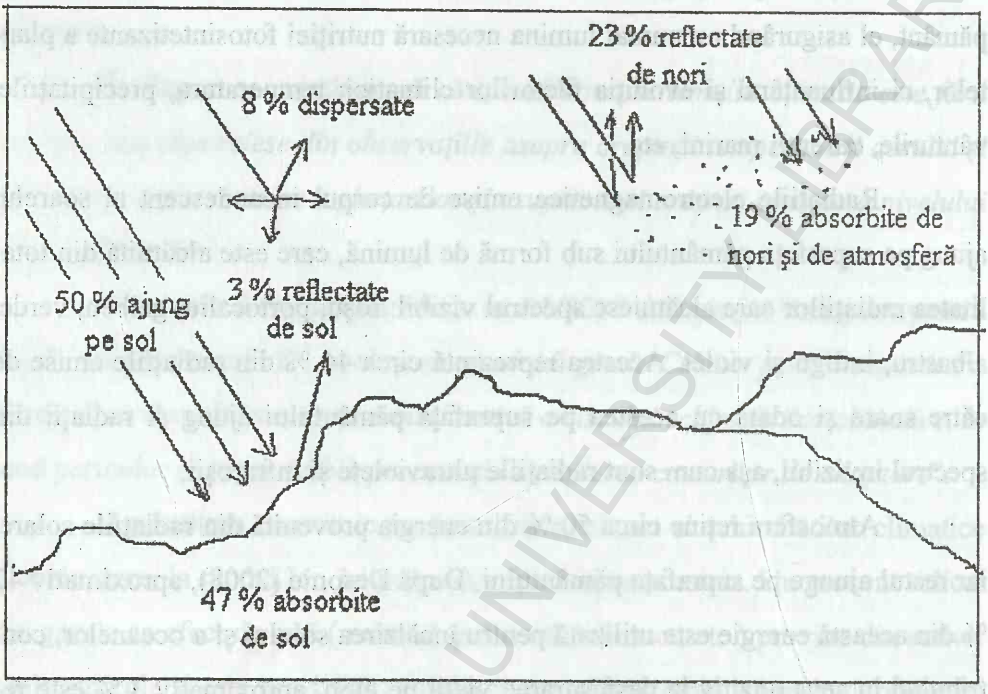


Fig.1.1. Bilanțul radiațiilor solare vizibile

Leprince ș.a. (1993) consideră că dioxidul de carbon şi metanul din gazele cu efect de seră contribuie la reținerea a 81 % din radiațiile reflectate de sol și din această cauză primele măsuri care trebuie luate în vederea evitării efectului de seră sunt legate de reducerea emisiilor conținând aceste gaze.

Ozonul existent în atmosferă, influențează cantitatea de radiații ultraviolete care ajung pe suprafața pământului. Acest component gazos este produs în atmosferă de către fulgere și prin fotoliza oxigenului molecular (O_2) de către radiațiile ultraviolete cu lungimea de undă mai mică de 242 nm (Henderson-Sellers, 1995). Acumularea ozonului în atmosferă are şi un efect nefavorabil, contribuind la intensificarea efectului de seră, prin reținerea radiațiilor solare reflectate de sol.

Ozonul se găsește în cantitate mai mare în stratosferă (11 – 45 km), unde are rolul de a reține radiațiile ultraviolete și infraroșii emise de către soare. Radiațiile ultraviolete C (<280 nm) sunt absorbite în totalitate de ozonul din stratosferă, iar radiațiile ultraviolete B (280 – 315 nm) sunt absorbite în proporție de 80 %. Radiațiile ultraviolete A trec prin stratul de ozon și pătrund prin pielea animalelor și oamenilor, determinând procese carcinogene. Scăderea concentrației de ozon sau formarea unor ferestre în acest strat, favorizează expunerea plantelor și animalelor la doze mai mari din aceste radiații, ceea ce poate afecta metabolismul acestora. Scăderea concentrației de ozon este determinată în mare parte de gazele rezultate din activitatea umană (CH_4, NO_2, H_2O, freoni etc.), care formează radicali ce descompun ozonul. Pentru a evita acest efect, a fost adoptat protocolul de la Montreal din anul 1987, care statuează reducerea producerii de astfel de gaze atât în industrie, cât și în agricultură.

Aerosolii din atmosferă conțin particule mici de carbon (provenit din combustibili), praf de ciment sau sulfați. Prezența lor în straturile superioare ale atmosferei determină reflexia razelor solare și scăderea temperaturii aerului din aceste zone. În același timp constituie nuclee de condensare pentru vaporii de apă împreună cu care ajung pe suprafața solului, unde contribuie la creșterea capacității de absorbție a acestuia pentru radiațiile solare.

Dioxidul de carbon (CO_2) din atmosferă provine îndeosebi din arderea combustibililor (cărbune, petrol, gaze naturale), dar și în urma procesului de respirație al plantelor, erupției vulcanilor și ca urmare a activităților agricole.

Protoxidul de azot (N_2O) și ***metanul (CH_4)*** provin îndeosebi din activitățile agricole, ca urmare a utilizării și degradării în sol a îngrășămintelor chimice cu azot, din activitățile de stocare și împrăștiere a dejecțiilor animale, în urma fermentației enterice a rumegătoarelor, etc.

Rezultă deci că variația intensității radiațiilor solare și compoziția atmosferei sunt principalii factori care determină schimbările climatice de pe glo-

bul terestru. Aceste schimbări se manifestă în principal în variația principalilor factori climatici: temperatură și precipitații.

Variația regimului termic

Desonie (2008) menționează că, după aprecierile specialiștilor, pe parcursul istoriei pământului temperatura medie anuală a avut variații de 8 – 15 °C. În timpul ultimilor 10.000 de ani temperatura a crescut cu 4 °C, iar în ultimii 100 de ani cu 0,74 °C (IPCC, 2007). În secolul XX temperatura nu a fost uniformă; a crescut în primii 40 de ani, a scăzut în următorii 25 de ani și a crescut brusc la sfârșitul acestui secol. Temperatura din perioada ultimilor 10 – 20 de ani a fost cea mai ridicată din ultimele 2 milenii, iar după NASA cel mai călduros an a fost considerat anul 2005.

La creșterea temperaturii din ultimele decenii a contribuit sporirea emisiei de gaze cu efect de seră rezultate din procesele naturale (respirația plantelor și animalelor, erupții vulcanice, etc.), industriale (arderea combustibililor fosili), din activitatea casnică și agricolă (freon din frigidere, oxid și dioxid de carbon din gazele de eșapament ale tractoarelor și automobilelor și din arderea deșeurilor vegetale), precum și defrișarea pădurilor care a determinat consumul unei cantități mai mici de dioxid de carbon în procesul de fotosinteză. Aceste activități au contribuit la creșterea concentrației de dioxid de carbon precum și a altor gaze cu efect de seră, din atmosferă. Astfel, după Malik (2008), concentrația de dioxid de carbon existent în atmosfera din perioada ce a precedat industrializarea, a variat între 270 – 280 ppm și a crescut în perioada de industrializare la 360 ppm. Conținutul de CH_4 din atmosferă a crescut de la 700 ppb la 1700 ppb, iar conținutul de NO_2 a sporit de la 270 ppb, la 310 ppb.

Alte surse estimează că emisiile anuale de CO_2 provenite din arderea combustibililor (cărbune, petrol, gaze naturale) au crescut de la 200 milioane tone, înregistrate în anul 1850, la 29 miliarde tone la nivelul anului 2007

(ADEME, 2012). De asemenea, în anul 2007 8.5 miliarde tone de CO_2 nu au fost absorbite de vegetația terestră, ca urmare a defrișării pădurilor (Figura 1.2.).

Cu toate că activitățile umane au modificat doar într-o mică măsură ciclul natural al carbonului (7,9 miliarde tone de carbon la o circulație anuală de 200 miliarde tone) această modificare a fost suficientă pentru a determina o creștere constantă, an de an, a cantității de CO_2 din atmosferă.

Acumularea gazelor cu efect de seră în troposferă a determinat reflectarea spre sol a unei cantități mai mari de radiații solare, fapt ce a condus la creșterea temperaturii aerului, solului și apelor și a determinat realizarea fenomenului cunoscut sub denumirea de "*încălzire globală*". Acest proces este "autocatalitic", deoarece creșterea temperaturii stimulează evaporarea apei din mări și oceane, intensifică procesele de biodegradare a resturilor organice din sol, etc. mărind cantitatea de vapori de apă din atmosferă, de dioxid de carbon și amoniac, stimulând astfel efectul de seră.

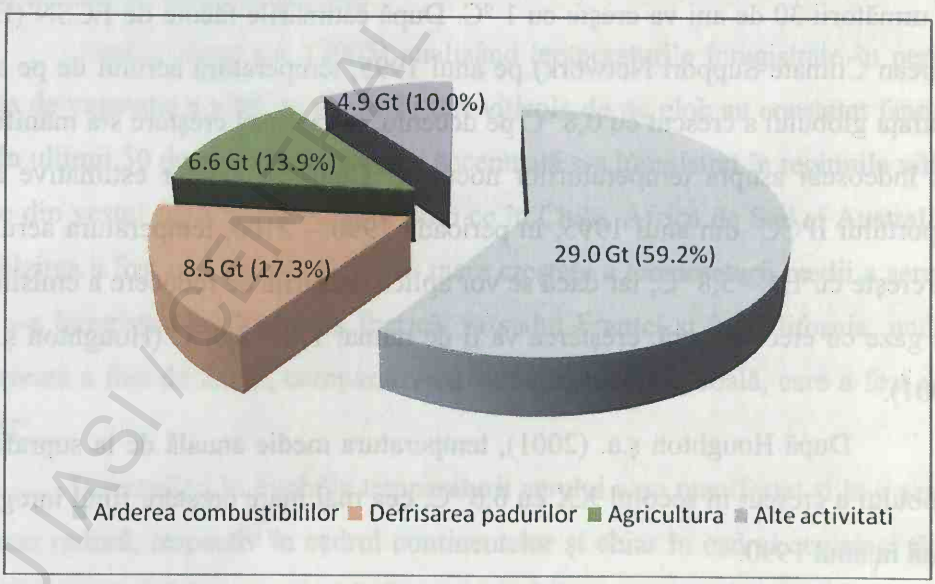


Fig. 1.2. Producția de gaze cu efect de seră (în gigatone) datorată activităților umane la nivel mondial (după Raport IPCC, 2007)

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Prezența gazelor cu efect de seră a asigurat și asigură menținerea temperaturii optime pentru desfășurarea proceselor vitale din plante și animale. Acumularea lor excesivă are însă efecte negative, determinând creșterea exagerată a temperaturii, afectând astfel viața pe de pe suprafața globului terestru și resursele alimentare de origine vegetală.

Din datele IPCC din anul 2007, rezultă că emisiile de gaze cu efect de seră au crescut cu 70 % în perioada 1970 – 2004, fiind de 10 miliarde tone și se apreciază că vor crește cu 90 % în perioada 2000 – 2030, fapt ce va determina reflectarea spre sol a unei cantități tot mai mari de energie solară, fenomen ce va conduce la intensificarea efectului de seră. Rezultă că în viitor se va produce o tranziție spre o climă mai caldă, cu perioade dese cu temperaturi extreme și valuri de căldură, agravarea secetei în unele regiuni și precipitații abundente în altele, topirea ghețarilor și creșterea nivelului mărilor și a oceanelor.

Din datele raportului IPCC din anul 2001, temperatura medie globală a crescut într-o perioadă de 100 de ani (1906 – 2005) cu aproximativ 0,74 °C, iar în următorii 30 de ani va crește cu 1 °C. După estimările făcute de ECSN (European Climate Support Network) pe anul 1995, temperatura aerului de pe suprafața globului a crescut cu 0,8 °C pe deceniu, iar această creștere s-a manifestat îndeosebi asupra temperaturilor nocturne. Conform datelor estimative ale raportului IPCC din anul 1995, în perioada 1990 – 2100, temperatura aerului va crește cu 1,4 – 5,8 °C, iar dacă se vor aplica măsurile de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră, creșterea va fi de numai 1,4 – 3,0 °C (Houghton ș.a., 2001).

După Houghton ș.a. (2001), temperatura medie anuală de la suprafața globului a crescut în secolul XX cu 0,6 °C, cea mai mare creștere fiind înregistrată în anul 1990.

Dacă între sfârșitul secolului XIX și anul 1975 a avut loc o încălzire globală lentă, cu largi fluctuații, în ultima perioadă, mai ales după anul 2000, aceasta s-a accelerat considerabil. Hansen ș.a. (2006), arată că în primul deceniu

al secolului XXI încălzirea globală a prezentat o rată a creşterii de 0.2 °C/ deceniu. Şi World Meteorological Organization (WMO) apreciază că deceniul 2000-2009 a fost cel mai cald de când se fac înregistrări meteorologice.

Pinnola (2011) consideră că cele mai mari creşteri ale temperaturii se vor produce la latitudini şi altitudini mai mari şi în special în nordul şi centrul Rusiei.

Easterling ş.a. (2007) consideră că creşterea temperaturii medii anuale cu mai puţin de 2 °C are un efect pozitiv asupra plantelor de cultură din zonele temperate, dar creşterea temperaturii cu mai mult de 2 °C poate avea efecte negative.

Pentru a împiedica creşterea temperaturii cu mai mult de 2 °C este necesar să se stabilizeze concentraţia gazelor cu efect de seră la un maxim de 500 ppm echivalent CO_2.

Variaţiile înregistrate în temperatura aerului nu au fost uniforme la nivelul întregii planete şi nici măcar la nivelul continentelor, afectând astfel în mod diferenţiat culturile agricole.

Astfel, Jones ş.a. (2005) analizând temperaturile înregistrate în perioada de vegetaţie a viţei de vie în 27 ţări viticole de pe glob au constatat faptul că în ultimii 50 de ani o încălzire mai accentuată s-a înregistrat în regiunile viticole din vestul SUA şi Europa , în timp ce în Chile, Africa de Sud şi Australia încălzirea a fost mai redusă. Cea mai mare creştere a temperaturii medii a aerului s-a înregistrat în Peninsula Iberică, in sudul Franţei şi în California, unde creşterea a fost de 2.5°C, comparativ cu valoarea medie globală, care a fost de 1.3°C.

Diferenţieri în evoluţia temperaturii aerului s-au manifestat şi la o scară mai redusă, respectiv în cadrul continentelor şi chiar în cadrul aceleiaşi ţări (în funcţie de mărimea acesteia). Spre exemplificare, se prezintă evoluţia temperaturii aerului în intervalul 1950-2000 în 4 centre viticole renumite din Europa (Figura 1.3.).

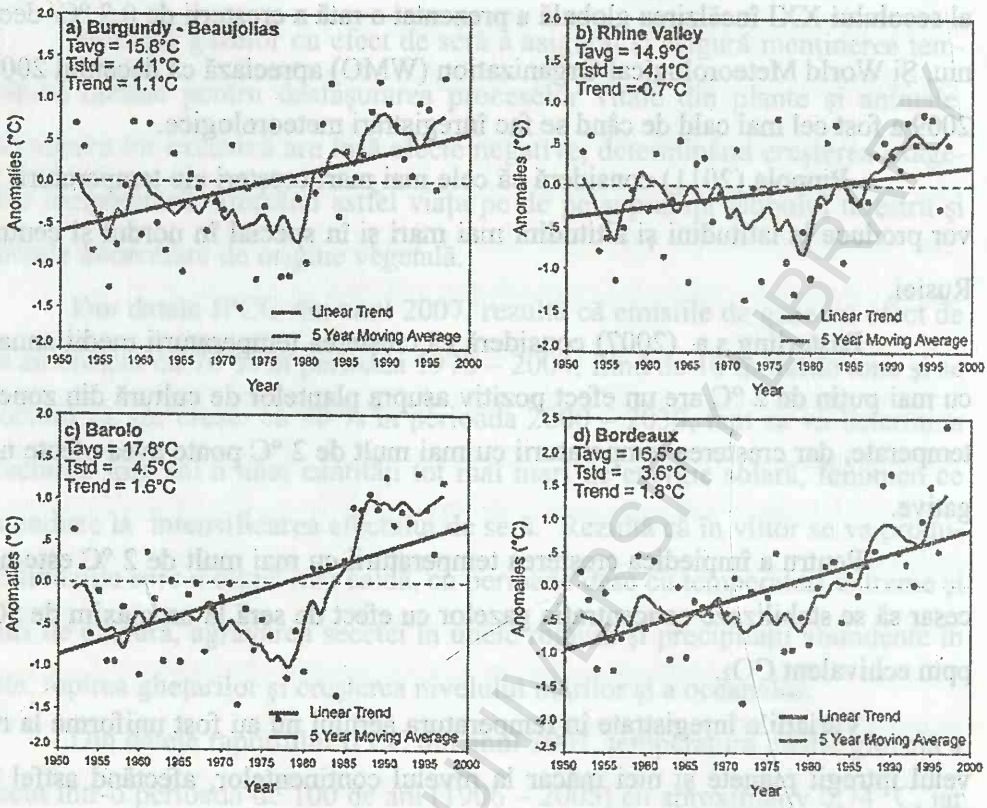


Fig. 1.3. Schimbările înregistrate în temperatura medie a aerului din cursul perioadei de vegetație a viței de vie în regiunile viticole Burgundia, Valea Rinului, Barolo și Bordeaux în intervalul 1950-2000 (după Jones și colab., 2005)

Variația regimului precipitațiilor

Schimbările climatice s-au manifestat și în privința circuitul apei în natură. Mai mult de 40 % din suprafața globului se găsește în zone semiaride și aride, unde rezervele de apă necesare pentru cultivarea plantelor sunt foarte reduse, iar suprafața acestor zone se poate extinde în viitor. Ca urmare trebuie să se acorde o atenție sporită bilanțului apei din natură și a îmbunătățirii managementului utilizării acesteia.

Apa existentă pe glob are un volum de 1,4 bilioane km^3, din care apa sărată reprezintă 1,365 bilioane km^3 (97,7 % din total). Apa potabilă cu un volum de 35 milioane km^3, reprezintă doar 2,5 % din total, din care 24 milioane

km^3 (70 %) se găsește sub formă de gheţari şi zăpada permanentă, 105.000 km^3 (0,30 %) în râuri şi lacuri, 10,882 milioane km^3 (31,1 %) se găsește în bazine subterane, sol şi permafrost şi 13.000 km^3 (0,04 %) se găsește sub formă de vapori, în atmosferă.

Această repartizare este în continuă modificare, datorită sporirii populaţiei, a ritmului de industrializare şi a topirii gheţarilor. Astfel, creşterea temperaturii din anul 1980 până în prezent a determinat reducerea cu 10 – 20 % a suprafeţei ocupată cu gheţari montani şi scăderea treptată a masei gheţarilor din zonele arctice. De asemenea, s-a constatat şi o reducere a stratului de zăpadă, îndeosebi în emisfera nordică. Topirea gheţarilor montani va determina scăderea în timp a debitelor a numeroase fluvii şi râuri şi va schimba activitatea socio-economică din apropierea acestora.

Topirea gheţarilor din zonele arctice a contribuit în ultimul secol la creşterea nivelul mărilor şi a oceanelor cu aproximativ 20 cm, cu o creştere medie anuală de 0,3 cm în perioada 1993 – 2005 (Desonie, 2008). Conform estimărilor IPCC (2007) nivelul mării a crescut cu 1,8 mm/an în perioada 1961 – 2003, cu 3,1 mm/an în perioada 1993 – 2003 şi cu 17 cm pe întreg secolul XX.. Raportul al-4-lea (AR4) a IPCC din anul 2007 prevede în scenariile mai optimiste creşterea nivelului mărilor şi oceanelor în sec. XXI cu 18 – 38 cm, iar în scenariile pesimiste, în condiţiile creşterii emisiilor de gaze cu efect de seră, cu 26 – 59 cm.

Simultan cu creşterea temperaturii aerului a avut loc şi creşterea temperaturii mărilor şi a oceanelor. Astfel, după Desonie (2008) temperatura apei de la suprafaţa oceanelor a crescut în ultimii 40 – 50 de ani cu 0,5 °C, ceea ce a determinat intensificarea procesului de evaporare a apei, fiind modificat astfel regimul precipitaţiilor la nivel mondial. S-a constatat o creştere a precipitaţiilor medii anuale cu aproximativ 2 %, începând cu anul 1900. În cazul latitudinilor mijlocii şi mari din emisfera nordică, precipitaţiile decadale au crescut cu 0,5 – 1,0 %, în timp ce în zona tropicală şi subtropicală au scăzut cu 0,3 %. Acest lu-

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

cru a făcut ca în zona mediteraniană, în Sahel, Africa de Sud și în anumite zone din Asia de Sud să se înregistreze un climat mai arid.

Cele mai multe precipitații au căzut sub formă de ploaie, iar pe parcursul unui an s-a constatat o scădere a precipitațiilor în anotimpurile primăvară și vară.

După Raportul ECSN (1995) precipitațiile din nordul Europei au crescut în secolul XX cu 10 – 40 %, în timp ce în sudul Europei au scăzut cu circa 20 %. Zonele aride, care ocupă în prezent aproximativ 30 % din suprafața totală a globului, se vor extinde în regiunile limitrofe unde se vor reduce rezervele de apă. Zonele aride au tendința să devină mai călduroase și mai secetoase. Extinderea zonelor aride se manifestă și în unele regiuni nespecifice, așa cum sunt zonele temperate, în care se situează și sudul României.

În raportul Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) se menționează că schimbările climatice din zona de sud a Europei se vor caracteriza prin creșterea temperaturii și a efectelor secetei iar cele din zona centrală și de est se vor caracteriza prin scăderea precipitațiilor din timpul verii și accentuarea stresului hidric.

Apa este necesară pentru nevoile populației (50 l/zi/persoană), cât și pentru agricultură și industrie. După Dawson și Spannagle (2009), circa 66 % din apa utilizată este folosită în agricultură, circa 25 % în industrie și mai puțin de 9 % pentru nevoile populației.

Bartles și Sunkar (2005) au apreciat că aproape jumătate din terenurile irigate de pe glob și circa 20 % din terenul arabil este afectat de secetă. Extinderea sistemelor de irigație în zonele aride va asigura necesarul de apă al plantelor, dar în același timp va contribui la salinizarea solurilor. Aproximativ 6 % din suprafața uscată a globului și 30 % din suprafețele irigate se apreciază că sunt afectate de salinitate (Unesco Water Portal, 2007).

Modificările climatice vor spori necesitățile de apă pentru agricultură (ex. irigații), iar continuarea procesului de industrializare și creșterea numărului

BCU IASI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

populației vor spori cererile de apă și în aceste domenii. Aceasta va determina luarea de măsuri pentru utilizarea cât mai eficientă a apei și folosirea în proporție din ce în ce mai mare a apei marine, mai ales în contextul creșterii nivelului oceanelor ca efect al topirii calotelor glaciare de la poli. Dawson și Spannagle (2009) menționează că în prezent funcționează peste 15.000 de stații de desalinizare, care produc circa 30 de milioane m^3 apă proaspătă/zi, cu un consum de 2 – 3 kw/ m^3 apă.

Un punct de plecare pentru stabilirea unor bune practici în irigarea culturilor agricole ar putea fi presupunerea că temperaturile medii vor continua probabil să crească cu cel puțin 1.5°C în următoarele decenii. Creșterea temperaturilor va determina o evaporație superioară și va spori nevoia de apă în agricultură. Creșterea temperaturii aerului și solului și distribuția neuniformă a precipitațiilor pot conduce la necesitatea furnizării unor cantități suplimentare de apă chiar și în cazul plantelor care cresc de obicei în condiții aride. De asemenea, este de așteptat ca și zonele care în prezent dispun de mari resurse de apă, dar sunt predispuse la schimbări climatice, să fie nevoite să deprindă o serie de practici folosite în regiunile unde apa deja lipsește în prezent.

Efectele încălzirii globale

Încălzirea globală a produs numeroase efecte, dintre care se pot menționa, ca fiind mai importante, următoarele:

- Creșterea temperaturii aerului a determinat intensificarea procesului de evaporare a apei și a transpirației plantelor, ceea ce a favorizat formarea norilor. Creșterea temperaturii aerului cu 1 °C poate determina intensificarea circuitului apei în natură cu 4 %. Conform raportului IPCC-SAR (Second Assessment Report) se prevede ca la nivel mondial, precipitațiile să prezinte o ușoară creștere de aproximativ 1 % în următorii 100 de ani.

- Creșterea temperaturii aerului a fost corelată cu topirea ghețarilor, fapt ce a determinat sporirea salinității și acidității apei mărilor și a oceanelor

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

(de la un pH de 8.25 în secolul XIX la un pH de 8.14 în prezent), creşterea nivelului acestora şi acoperirea unor suprafeţe de uscat. Concomitent are loc şi dezgheţul "permafrostului" din tundra siberiană.

- Creşterea temperaturii aerului a mărit riscul evenimentelor climatice extreme. A crescut frecvenţa, severitatea şi longevitatea fenomenelor climatice de mare intensitate (furtuni, tornade, inundaţii,etc.) în unele regiuni şi a duratei perioadelor secetoase, în alte regiuni. Sandu (2009) subliniază faptul că fenomenul de încălzire globală a condus la creşterea fenomenelor extreme, la alternanţa rapidă între precipitaţii abundente care produc inundaţii, canicula severă şi seceta accentuată, determinând efecte majore de ordin economic şi social.

- Modificările climatice, care variază în funcţie de zonele în care se manifestă, pot avea un efect pozitiv sau negativ. Astfel, aceste modificări pot să determine extinderea zonelor cu condiţii favorabile de cultură a plantelor în altitudine, sau spre latitudini mai mari. După Raportul ECSN (1995) zonele aride, care ocupă în prezent aproximativ 30 % din suprafaţa totală a globului, se vor extinde în regiunile limitrofe unde se vor reduce rezervele de apă. Zonele aride au tendinţa să devină mai călduroase şi mai secetoase. Extinderea zonelor aride se manifestă şi în unele regiuni nespecifice, aşa cum sunt zonele temperate, în care se situează şi sudul României.

- Ca o consecinţă a schimbărilor climatice păsările vor migra spre latitudini mai mari, în acelaşi timp unele specii de plante şi animale vor fi afectate, ajungându-se la posibilitatea dispariţiei lor. Este suficient de menţionat ecosistemele din zonele polare şi alpine, care vor fi afectate de dispariţia gheţurilor sau cele coraliere din mările sudice.

- Schimbările climatice vor afecta şi 1/3 din pădurile de pe glob. Creşterea temperaturii, combinată cu seceta, vor determina uscarea copacilor din pădurile a numeroase ţări ale lumii (Desonie, 2008).

- Durata perioadei de iarnă se va scurta, ceea ce poate afecta ciclul biologic al plantelor şi animalelor. Plantele vor înflori mai devreme cu circa 8 zile

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

(Vadez ş.a., 2011), se va scurta perioada de vegetaţie, seceta va afecta negativ legarea fructelor şi acumularea substanţelor nutritive în seminţe şi fructe. Modificările climatice vor favoriza migrarea unor noi boli şi dăunători spre zonele afectate de aceste schimbări iar creşterea temperaturii va stimula acţiunea acestor patogeni.

- Creşterea temperaturii cu 1 °C va afecta producţia agricolă din zonele cu latitudini mici şi va creşte potenţialul producţiei agricole din celelalte zone iar creşterea temperaturii cu 1 – 2 °C ar putea afecta circa un sfert dintre speciile de vieţuitoare de pe glob.

Previziuni pentru viitor

Pe baza cunoştinţelor acumulate în timp şi în baza măsurătorilor realizate după anul 1989, considerat ca anul de referinţă care marchează debutul schimbărilor climatice, specialiştii în domeniu din numeroase ţări ale lumii au făcut previziuni asupra schimbărilor climatice care vor avea loc în viitor şi au realizat diferite modele. Acestea se bazează pe capacitatea statelor lumii de a reduce emisiile de gaze cu efect de seră, în acest sens fiind luate în considerare diferite scenarii politico-economice privind dezvoltarea ţărilor emergente şi dinamica dezvoltării industriale în cadrul principalelor puteri economice ale lumii.

În cazul în care se presupune că producerea de gaze cu efect de seră se va menţine la nivelul anului 2000, va avea loc o creştere a temperaturii medii anuale de pe glob până în anul 2100 cu 0,5 – 1,0 °C. Dacă concentraţia de dioxid de carbon din atmosferă sporeşte de la 280 ppm (cât s-a determinat în perioada preindustrială) la 560 ppm, temperatura va creşte în perioada menţionată cu 2,8 °C, ceea ce ar putea avea efecte negative asupra omenirii.

Raportul al 4-lea (AR4) al IPCC din anul 2007 prevede în scenariile mai optimiste, creşterea în sec. XXI a temperaturii aerului în medie cu 1,8 °C, iar în scenariile pesimiste cu 4,5-5.0 °C.

BCU ASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

După datele IPCC-SAR, temperaturile medii anuale nu vor prezenta variații mari, ceea ce nu va avea efecte evidente asupra plantelor horticole, dar temperatura va avea variații mai mari pentru perioade mai scurte de timp (decade sau luni), ceea ce va avea efecte drastice asupra plantelor. De asemenea, efectele negative ale creșterii temperaturii se vor manifesta și prin nivelul acestora în timpul zilei și a nopții, precum și prin nivelul temperaturii solului.

În ceea ce privește evoluția regimului precipitațiilor Dawson și Spannagle (2009) apreciază că în zonele subtropicale și la latitudinile mijlocii din emisfera nordică, climatul va deveni mai secetos. Dacă temperatura va crește până în anul 2050 cu 2 °C, precipitațiile din aceste zone vor fi mai mici cu circa 30 %, iar dacă temperatura va crește cu 3 °C, acestea vor scădea cu până la 50 %. Precipitațiile vor crește în regiunile din nordul Europei, Asiei și Americii și în Antarctica și vor cădea mai ales sub formă de zăpadă.

În România, Sandu (2009) menționează că pentru perioada 2090 – 2099 sunt făcute estimări de creșteri cu 5 – 10 % a precipitațiilor în perioada de iarnă și scăderi cu 10 – 30 % în cea de vară, față de perioada 1980 – 1990.

Modificările sunt însă nesigure în ceea ce privește intensitatea și mărimea schimbărilor care vor avea loc în regimul precipitațiilor.

Încălzirea climatului nu va afecta toate regiunile lumii în mod egal. Gradul de afectare va fi mai intens la nivelul continentelor, mai ales în emisfera nordică, deasupra tropicului cancerului (unde uscatul deține o pondere mai mare), cu o intensitate maximă în zona cercului polar arctic. În zona Europei Centrale și de Est, creșterea temperaturii va fi diferențiată în funcție de anumite influențe locale și va fi însoțită și de scăderea precipitațiilor din timpul verii și accentuarea stresului hidric.

Se prezintă, spre exemplificare, evoluția temperaturii medii a aerului până în anul 2049 (prognozată pe baza modelelor climatice) în cadrul a 4 mari regiuni viticole din Europa (Figura 1.4.).

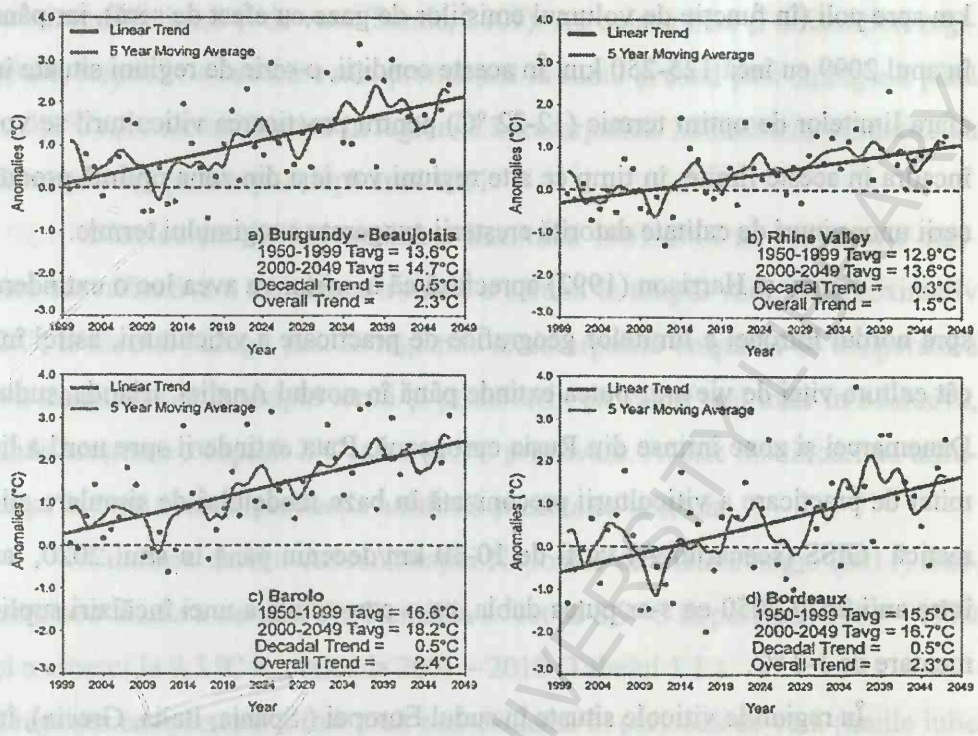


Fig. 1.4. Estimarea schimbărilor în temperatura medie a aerului în perioada de vegetație a viței de vie până în anul 2049 în regiunile viticole Burgundia, Valea Rinului, Barolo și Bordeaux (după Jones și colab., 2005)

În ceea ce privește evoluția schimbărilor climatice la nivel sezonier specialiștii apreciază că în anotimpurile de iarnă și primăvară efectul schimbărilor climatice se va resimți mai puțin, în timp ce în anotimpul de vară și parțial și toamna efectele vor fi foarte evidente.

Schimbările climatice care se manifestă în prezent și care, conform opiniei specialiștilor, se vor manifesta din ce în ce mai accentuat în următoarele decenii, vor afecta în mod evident biologia speciilor horticole, îndeosebi a speciilor lemnoase perene, așa cum sunt pomii fructiferi și vița de vie.

Se vor produce modificări importante în zonarea soiurilor, sau chiar a unor specii de plante horticole. Astfel, referitor la cultura viței de vie, Jones (2007) estimează pe baza modelelor climatice că zonele favorabile cultivării viței de vie se vor deplasa în ambele emisfere, până în anul 2049, cu 150-300

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

km spre poli (în funcție de volumul emisiilor de gaze cu efect de seră), iar până în anul 2099 cu încă 125-250 km. În aceste condiții, o serie de regiuni situate în afara limitelor de optim termic (12-22 °C) pentru practicarea viticulturii se vor încadra în aceste limite, în timp ce alte regiuni vor ieşi din zona optimă producerii unor vinuri de calitate datorită creşterii exagerate a regimului termic.

Kenny şi Harrison (1992) apreciază că în viitor va avea loc o extindere spre nordul Europei a limitelor geografice de practicare a viticulturii, astfel încât cultura viței de vie s-ar putea extinde până în nordul Angliei, Irlanda, sudul Danemarcei şi zone întinse din Rusia europeană. Rata extinderii spre nord a limitei de practicare a viticulturii preconizată în baza modelului de simulare climatică GISS (scenariul A) va fi de 10-30 km/deceniu până în anul 2020, iar între anii 2020-2050 ea s-ar putea dubla, ca o consecință a unei încălziri suplimentare de 1-2 °C.

În regiunile viticole situate în sudul Europei (Spania, Italia, Grecia), în California (SUA) şi în Australia se preconizează că într-un viitor nu prea îndepărtat arealele viticole pentru obținerea vinurilor de calitate superioară se vor restrânge considerabil, numai la zonele de coastă, unde climatul va fi mai răcoros ca urmare a influenței oceanului.

Şi în țara noastră, ca urmare a schimbărilor apărute în privința climatului viticol, se preconizează o extindere spre nordul țării şi la latitudini mai mari a culturii viței de vie, inclusiv a soiurilor pentru vinuri roşii.

1.2. MODIFICĂRILE CLIMATICE DIN ROMÂNIA

Schimbările climatice la nivel global au determinat anumite tendințe climatice decelabile şi în țara noastră. Datele climatice din ultimul secol evidențiază o încălzire progresivă a atmosferei şi o reducere semnificativă a cantităților de precipitații. Pe durata secolului XX, temperatura medie din România a crescut cu 0,5 °C în aproape toată țara, constatându-se încălziri semnificative în

anotimpul de iarnă și de vară (Sandu, 2009). Au existat însă și diferențieri regionale, respectiv o încălzire mai pronunțată în sudul și estul țării (ajungând până la 0,8°C) și nesemnificativă în regiunile intracarpatice. Schimbările climatice au fost mult mai pronunțate după anul 1961.

Busuioc ș.a. (2011) analizând intervalul 1961-2007 au constatat o creștere semnificativă a temperaturii medii a aerului în timpul verii, de aproximativ 2°C, la nivelul întregii țări. În regiunile extracarpatice creșterea de temperatură s-a manifestat și în timpul iernii și primăverii, cu valori mai mari în Moldova, unde creșterea a depășit 2°C iarna și 1°C primăvara. Aceste modificări au influențat în mod evident producția horticolă și calitatea acesteia.

Conform datelor Administrației Naționale de Meteorologie (2011) ***temperatura medie a aerului*** din România a fost de 8,9 °C în perioada 1961 – 1970 și a crescut la 9,3 °C în perioada 2001 – 2010 (Tabelul 1.1.).
Creșterea temperaturii a fost mult mai evidentă în perioada de vară (lunile iulie și august). Astfel, temperatura medie a aerului din luna iulie a crescut în perioada menționată de la 19,5 °C, la 20,6 °C, ceea ce reprezintă o creștere cu 1,1 °C. Temperatura medie a aerului din luna august a fost de 19,0 °C în perioada 1961 – 1970 și a ajuns la 20,0 °C în perioada 2001 – 2010, creșterea fiind de 1,0 °C.

Tab. 1.1. Evoluția temperaturii aerului în intervalul 1961-2010 (după ANM, 2011)

Perioada	Temperatura medie anuală °C	Temperatura medie luna iulie °C	Temperatura medie luna august °C
1961-1970	8.9	19.5	19.0
1971-1980	8.7	18.8	18.1
1981-1990	8.7	19.4	18.8
1991-2000	8.8	19.8	19.4
2001-2010	9.3	20.6	20.0

BCU "MIHAI EMINESCU" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Temperatura minimă absolută de -38,5 °C a fost înregistrată în luna ianuarie 1948, la Bod (Braşov), iar temperatura maximă absolută de 44,5 °C a fost determinată în luna august 1951, în localitatea Ion Sion (Brăila).

Maftei şi Bărbulescu (2008) au constatat că după anul 1997, temperatura medie anuală a aerului din Dobrogea, o zonă aridă, caracterizată prin prezenţa stresului termo-hidric, a crescut cu 0,8 °C.

În vara anului 2012, în zona de sud a României s-au determinat temperaturi de peste 40 °C la umbră şi de peste 50 °C la soare, care au avut efecte negative asupra proceselor de creştere şi dezvoltare a plantelor, asupra producţiei şi calităţii acesteia.

Administraţia Naţională de Meteorologie a declarat că vara 2012 a înlocuit vara anului 2007 de pe prima poziţie a celor mai călduroase veri din ultimii 62 de ani. La nivelul întregii Românii, temperatura medie din timpul verii anului 2012 a fost cu 0,3 °C mai ridicată decât cea din vara lui 2007 şi cu 3,3 °C mai mare decât temperatura medie a intervalului de referinţă 1961-1990.

Sandu (2009) apreciază că pentru România se aşteaptă aceeaşi prognoză ca şi pentru Europa şi anume o creştere a temperaturii aerului cuprinsă între 0,5 – 1,5 °C pentru perioada 2020 – 2029 şi între 2,0 – 5,0 °C pentru perioada 2090 – 2099.

Similar cu schimbările climatice la nivel global, s-au evidenţiat şi în România schimbări în regimul unor valori termice extreme, îndeosebi în Dobrogea, sudul ţării, S-E Moldovei, sudul Munteniei şi Olteniei şi anume :

- creşterea frecvenţei anuale a zilelor tropicale (maxima zilnică >30°C) şi descreşterea frecvenţei anuale a zilelor de iarnă (maxima zilnică <0°C).

- creşterea semnificativă a mediei temperaturii minime de vară şi a temperaturii maxime de iarnă şi vară.

Fenomenele de creştere a temperaturii s-au acutizat după anul 2000, iarna 2006-2007 fiind cea mai caldă iarnă de când există măsurători instrumentale în România.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Precipitațiile anuale au suferit variații de la deceniu la deceniu și de la un an la altul. În perioada 1901 – 2000 s-a constatat o tendință generală de scădere a cantităților anuale de precipitații, care s-a accentuat după anul 1960 îndeosebi în sudul țării (Sandu, 2009).

După ANM (2011) precipitațiile deceniale au variat conform datelor prezentate în tabelul 1.2.

Deceniul cel mai secetos a fost deceniul 1981 – 1990 cu o medie anuală de 532,6 l/mp, iar cel mai ploios a fost deceniul 2001 – 2010 cu o medie anuală de 661,6 l/mp.

Cel mai ploios an a fost 2005, când precipitațiile anuale au ajuns la 901,4 l/mp, iar cel mai secetos a fost anul 2000, cu o medie anuală de 430,8 l/mp.

Tab. 1.2. Evoluția precipitațiilor în intervalul 1961-2010 (după ANM, 2011)

Perioada	Cantitatea medie anuală de precipitații l/mp
1961-1970	598.4
1971-1980	641.9
1981-1990	532.6
1991-2000	577.6
2001-2010	661.6

Din punct de vedere al regimului pluviometric după anul 1901 s-a evidențiat o tendință generală de scădere a cantităților anuale de precipitații, precum și o mare variabilitate de la un an la altul al regimului pluviometric (Figura 1.5.).

Conform datelor furnizate de Administrația Națională de Meteorologie, suma cantităților de precipitații din vara anului 2012 înregistrată pe teritoriul

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

României a fost cea mai scăzută din ultimii 62 de ani, detronând vara anului 2000 de pe această poziție. Suma cantităților de precipitații în vara 2012, înregistrată pe teritoriul României, a fost cu 45% mai redusă decât norma climatică (media sumei cantităților de precipitații în lunile de vară pentru intervalul de referință 1961-1990).

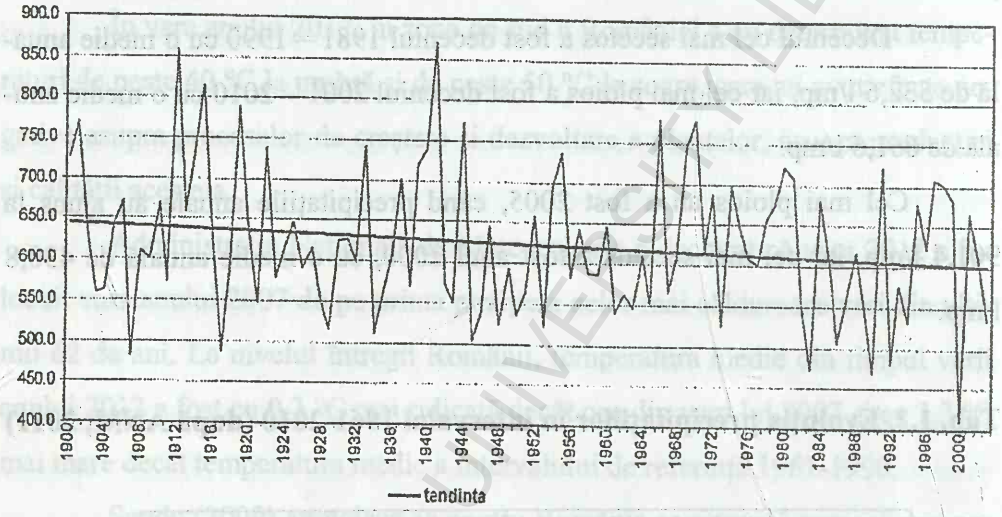


Fig. 1.5. Evoluția cantității medii anuale de precipitații în România în intervalul 1900-2000 (după ANM, 2007)

Au existat diferențieri între anotimpuri în ceea ce privește evoluția regimului precipitațiilor în țara noastră. Astfel, în anotimpurile iarnă și primăvară s-a constatat o tendință de scădere a cantităților de precipitații în majoritatea regiunilor țării, îndeosebi în sud și est (în anotimpul de iarnă) și în câteva zone din Oltenia (în anotimpul de primăvară). Tendințe semnificative de creștere a cantităților de precipitații pe arii mai extinse s-au remarcat numai în anotimpul de toamnă.

Intensitatea, durata și extinderea fenomenelor de secetă pedologică au variat de la an la an în funcție de interacțiunea complexă a factorilor agrometeorologici, respectiv temperaturi maxime deosebit de ridicate în aer (zile de

„arşiţă") şi sol, asociate cu o umezeală relativă a aerului scăzută (secetă atmosferică) şi un regim pluviometric deficitar.

Popa şi Borza (2007) au precizat că riscul de deşertificare este un fenomen real în România şi se află în strânsă legătură cu evoluţia climatului. Popa şi Borza (2006) au stabilit că cele mai vulnerabile zone pentru deşertificare din partea de vest a României sunt situate în localităţile: Beba Veche, Sânnicolau Mare, Periam-Pesac, urmate de Banloc, Dudeţii Vechi, Comlou Mare şi Neru

Dragotă ş.a. (2011) au constatat că valorile indicelui de ariditate Thornthwaite definesc un domeniu arid, crescând dinspre nord spre sudul şi sud-vestul Olteniei, de la 45 %, la 50 %. Cele mai mari valori care exprimă o ariditate pronunţată (cca 65 %) acoperă o parte însemnată a câmpiei Blahniţei şi Desmăţuiului, sudul Câmpiei Romanaţului (Câmpia Dăbuleni), luncile Jiului şi Oltului şi toată Lunca Dunării.

Analizând valorile indicelui de ariditate (I_A) care este un indicator de sinteză care exprimă nivelul deficitului de umezeală (apă) dintr-un areal agricol se constată că acesta prezintă valori scăzute (0,5-0,7) în zonele agricole din sudul ţării, din Dobrogea şi din partea de S-E a Moldovei.

Prin urmare, aceste areale prezintă un fond natural foarte favorabil unui impact semnificativ al secetei asupra culturilor agricole. Seceta este un fenomen care se poate instala însă şi în alte regiuni, îndeosebi în Oltenia, N-E Munteniei, vestul ţării, iar impactul ei poate fi pronunţat chiar şi în regiunile unde valorile multianuale ale I_A sunt normale (0,8-1,0).

Manifestarea fenomenului de secetă pedologică este mai ridicată în arealele agricole din sudul ţării, Dobrogea şi S-E Moldovei unde frecvenţa apariţiei secetei este de 30-40 % din numărul total de ani. În perioada verii frecvenţa apariţiei fenomenului de secetă pedologică creşte la 50 % şi chiar 70 % (în sudul Dobrogei) şi se extinde şi în zonele agricole din partea de N-E a Munteniei şi în Oltenia.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Analizând mai mulți indici anotimpuali referitori la evenimentele pluviometrice extreme ANM a constatat că în intervalul 1961-2007 a avut loc o creștere semnificativă a duratei maxime a intervalului cu zile consecutive fără ploaie în sudul țării (în anotimpul de iarnă) și în vestul țării (în anotimpul de vară). S-a constatat și o creștere semnificativă a numărului de zile cu precipitații mai mari de 10 mm/zi (până la 4 zile) pe arii extinse în jumătatea de nord a țării în anotimpul de toamnă.

Zona psamosolurilor din sudul Olteniei se încadrează din punct de vedere climatic în provincia climatică Cfax (după Kopen), având un pronunțat caracter temperat continental, cu ușoară influență mediteraneană, caracterizată printr-o accentuată uscăciune în lunile iulie – septembrie și un surplus de precipitații în lunile mai și iunie.

După dale înregistrate la Stația Meteo de la CCDCPN Dăbuleni, principalele elemente meteorologice care caracterizează zona cu psamosoluri din sudul Olteniei pe o perioadă de 56 de ani(1956- 2012), se caracterizează din punct de vedere climatic conform datelor prezentate în tabelul 1.3.

Tab. 1.3. Principalele elemente climatice înregistrate la stația meteo a CCDCPN Dăbuleni (1956 - 2012)

Elementul climatic/ anul	*Temperatura ^0C.*			*Precipitații mm*	*Umiditatea atmosferică %*
	Medie ^0C.	*Maxima absolută ^0C.*	*Minima absolută ^0C.*		
1956	11,1	36,0	-23,2	556,2	
1957	13,4	36,8	-16,7	363,2	
1958	13,5	38,4	-10,0	269,8	
1959	11,8	38,5	-19,2	435,5	
1960	12,5	34,8	-18,8	609,7	
1961	11,8	36,8	-15,6	460,7	
1962	11,3	38,2	-20,9	494,9	
1963	11,7	39,4	-30,5	470,6	
1964	11,2	34,6	-16,6	464,3	

1965	11,9	39,6	-16,6	515,2	
1966	12,1	35,9	-17,4	693,7	
1967	11,5	39,5	-16,9	425,6	76
1968	11,6	39,8	-17,6	471,3	85
1969	10,3	37,4	-21,6	628,8	87
1970	11,2	34,3	-13,9	608,1	82
1971	11,4	37,4	-11,5	431,1	82
1972	11,1	38,9	-16,6	742,1	85
1973	10,8	39,4	-18,5	522,5	89
1974	11,4	38,6	-14,9	465,3	86
1975	11,6	34,5	-15,3	623,9	84
1976	10,4	35,0	-15,3	668,6	81
1977	11,1	38,5	-19,4	498,8	85
1978	11.4	36.8	-15.5	434.7	84
1979	11.0	37.5	-18.0	**866.9**	86
1980	10.4	37.4	-22.2	657.6	87
1981	11.3	35.6	-14.3	606.7	87
1982	10.9	36,0	**-11.0**	522.1	84
1983	10.9	35.5	-13.0	386.2	80
1984	11.9	36.6	-14.7	626.0	84
1985	**9.2**	**40.8**	**-24.8**	417.3	76
1986	10.6	36.0	-16.0	538.1	81
1987	11.0	41.6	-11.8	543.8	83
1988	11.2	40.5	-14.4	552.1	82
1989	11.7	35.8	-16.2	449.1	77
1990	11.7	36.4	-22.0	430.4	81
1991	10.5	35.3	-16.2	600.4	83
1992	11.8	36.8	-14.4	331.1	70
1993	10.2	39.6	-23.6	330.2	76
1994	12.6	39.5	-12.7	441.0	**73**
1995	11.5	34.7	-16.2	538.9	75
1996	11.1	40.2	-17.3	535.6	75
1997	10.8	36.5	-22.0	521.8	74
1998	11.8	38.6	-17.8	649.8	76
1999	12.2	39.9	-17.2	616.1	79
2000	13.0	42.8	-17.2	**286.0**	74
2001	12.6	39.0	-16.0	593.4	82
2002	12.8	33.6	-16.7	470.1	81
2003	12.2	37.0	-13.8	460.9	---
2004	12.3	36.5	-17.2	437.9	---
2005	12.2	36.8	-23.0	701.5	---

BOTSWANA GENERAL UNIVERSITY LIBRARY

2006	11.5	40.4	-12,0	518.5	---
2007	13.3	**43.5**	-12.6	641.6	75
2008	12,2	38,4	-22,0	411,0	72
2009	12,1	37,8	-17,3	548,6	79
2010	11,1	38,5	-24,4	710,3	79
2011	10,8	36,9	-17,1	376,0	76
2012	12,6	42,6	-27,0	383,5	71

Temperatura medie lunară a fost cuprinsă între 9,2 ^{0}C în anul 1985 şi 13,5 ^{0}C în anul 1958, cu o medie multianuală 1956 – 2012 de 11,3 ^{0}C. Analizând valorile temperaturii medii anuale în perioada 1956-2013, se constată o tendință de creștere a temperaturii medii a aerului (figura 1.6.).

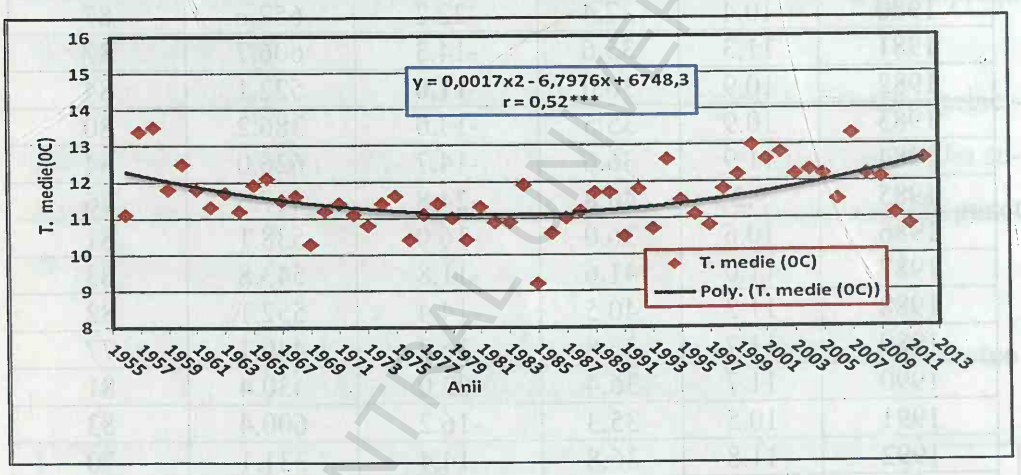


Figura 1.6. Dinamica valorii medii anuale a temperaturii aerului în intervalul 1956 – 2012 la Dăbuleni

Maxima absolută de 43,5 ^{0}C s-a înregistrat în luna iulie 2007, iar minima absolută de -30,5 ^{0}C s-a înregistrat în 1963 luna februarie.

Dinamica valorii temperaturilor maxime absolute în perioada 1956 – 2012 arată o tendință de creștere după anul 1980 (Figura 1.7.). Prima temperatură maximă absolută de peste 40^{0}C s-a înregistrat în anul 1985 (40,8 ^{0}C). De asemenea, a început să crească numărul zilelor cu temperaturi maxime peste 30 ^{0}C, în cadrul aceleași luni (ex. în anul 2012 în luna iulie, temperatura maximă

absolută a prezentat valori peste 30^{0}C în toate cele 31 de zile, iar temperaturi de 40 ^{0}C, au fost înregistrate atât în luna iulie cât și în luna august (5 zile)).

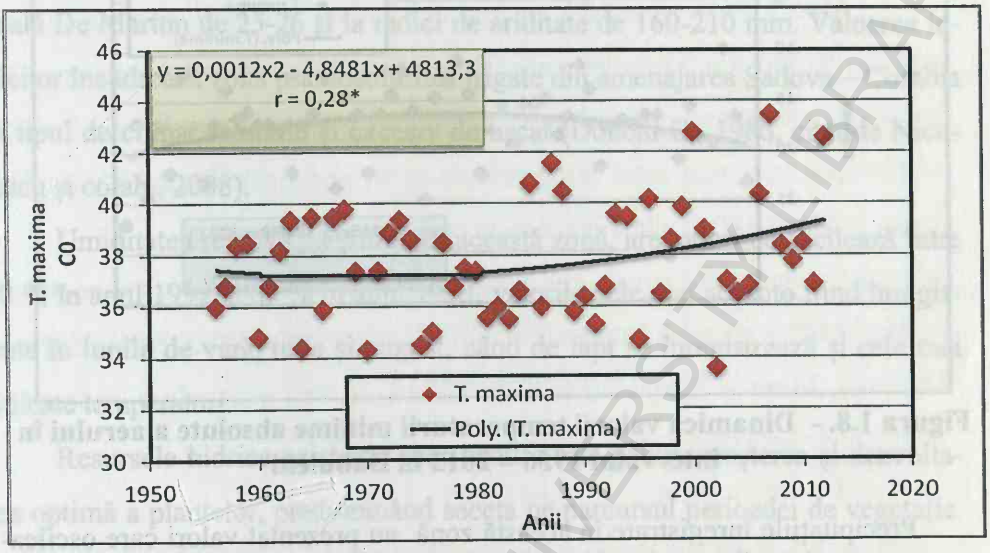


Figura 1.7. - Dinamica valorii temperaturii maxime absolute a aerului în intervalul 1956 – 2012 la Dăbuleni

Cât privește temperatura minimă absolută în perioada 1956 – 2012, din figura 1.8. se poate observa o tendință de scădere tot mai pronunțată în ultimii 20 de ani. Dacă în perioada 1956 – 1980, în patru ani au fost înregistrate temperaturi mai scăzute de -20 ^{0}C, după 1980 numărul anilor cu astfel de temperaturi a fost de 8. În anul 2012, în luna februarie a fost înregistrată temperatura minimă absolută de -27 ^{0}C în 2 zile, la un interval de 7 zile.

Temperaturile foarte scăzute din iarna 2011/2012 au afectat plantațiile de piersic și de cais din cadrul sectorului de cercetare, mugurii floriferi au fost distruși în proporție de 100%, iar la o mare parte din pomi a fost afectat lemnul anual și multianual.

BCU ASE CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

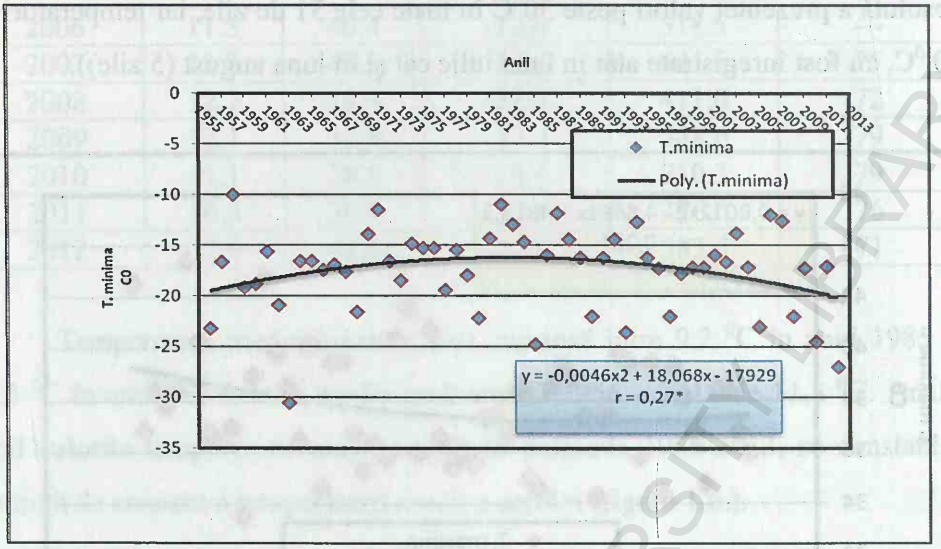


Figura 1.8. - Dinamica valorii temperaturii minime absolute a aerului în intervalul 1956 – 2012 la Dăbuleni

Precipitațiile înregistrate în această zonă au prezentat valori care oscilează între 269,8 mm în anul 1958 și 866,9 mm în anul 1979, cu o medie multianuală 1956 – 2012 de 542,9 mm, neuniform repartizate în cursul anului și cu variații de la un an la altul. În perioada studiată, tendința precipitațiilor este de scădere (figura 1.9.).

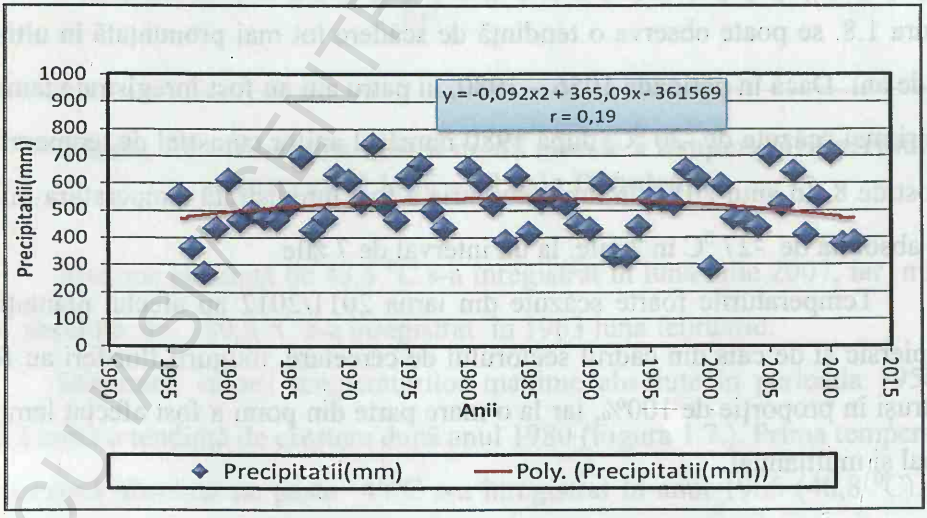


Figura 1.9. – Dinamica valorii sumei anuale a precipitațiilor în intervalul 1956 – 2012, la Dăbuleni

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În majoritatea anilor se constată precipitații mai reduse în lunile iulie, august și septembrie ducând la instalarea secetei în această perioadă, când este absolut necesară irigarea culturilor. Aceste valori conduc la un indice de umezeală De Marton de 25-26 și la indici de ariditate de 160-210 mm. Valoarea indicilor încadrează zona psamosolurilor irigate din amenajarea Sadova – Corabia în tipul de climat semiarid și excesiv de uscat (Donciu C., 1986, citat de Nicolescu și colab., 2008).

Umiditatea relativă a aerului, în această zonă, are valori ce oscilează între 70 % în anul 1992 și 89 % în anul 1973, valorile cele mai scăzute fiind înregistrate în lunile de vară, iulie și august, când de fapt se înregistrează și cele mai ridicate temperaturi.

Resursele hidrice existente sunt insuficiente pentru creșterea și dezvoltarea optimă a plantelor, predominând seceta pe parcursul perioadei de vegetație. Analiza resurselor termice și hidrice au pus în evidență o tendință de accentuare a secetei în ultimele două decenii, cu efecte nefavorabile asupra agriculturii din sudul Olteniei.

Rezultatele de cercetare obținute în condiții de neirigare, arată că obținerea de producții la majoritatea plantelor cultivate pe psamosoluri este nesigură, aceasta fiind dependentă de cantitatea de precipitații căzute și de distribuția acestora în timp. Pe psamosoluri perioadele de secetă apar la intervale mai scurte de timp, în comparație cu celelalte tipuri de sol.(Nicolescu ș.a., 2008).

Suma anuală a orelor de insolație în zona psamosolurilor din sudul Olteniei depășește 2000 ore, ceea ce face ca această zonă să aibă o însemnată resursă heliotermică. De asemenea zona se caracterizează prin valori ridicate ale evapotranspirației potențiale și prin vânturi puternice a căror frecvență corespunde direcțiilor nord-est, frecvența medie 36,2 % și nord – vest, frecvența medie 23,5 % (Baniță P. ș.a., 1981).

Studiile climatice efectuate în unitățile de cercetare vitivinicolă, care au luat în considerație datele meteorologice înregistrate în principalele podgorii din

România în ultimii 40 de ani, au scos în evidență o tendință de aridizare înregistrată îndeosebi în arealele viticole din Dobrogea, S-E Moldovei, estul Munteniei și sudul țării.

Modificările climatului au fost evidențiate îndeosebi prin creșterea regimului termic și a insolației reale (Tabelul 1.4.). Se constată o creștere a temperaturii medii a aerului în ultimul deceniu cu valori cuprinse între 0,7 și 2,1°C (diferențele cele mai mari înregistrându-se în podgoriile Dealu Mare, Târgu-Bujor și Murfatlar) și a insolației reale cu 1,1-5,4 % pe an.

Nivelul precipitațiilor anuale și a celor din perioada de vegetație a viței de vie s-au menținut, în general, la nivelul mediilor multianuale, cu excepția podgoriilor Odobești, Miniș și Târgu-Bujor unde acestea au fost mai reduse, îndeosebi în perioada de vegetație a viței de vie.

Tab. 1.4. Evoluția unor indicatori climatici în principalele podgorii din România (media multianuală/media anilor 2000-2010)

Indicatorul climatic	Podgoria							
	Iași	Odobești	Târgu Bujor	Dealu Mare	Murfatlar	Drăgășani	Blaj	Miniș
Temperatura medie anuală (°C)	9.6	10.2	11.2	11.2	11.0	10.8	9.2	11.1
	10.3	11.3	12.1	12.7	13.1	11.6	10.2	12.6
Temperatura maximă absolută (°C)	34.0	39.2	39.4	40.0	39.8	39.3	33.4	38.2
	33.6	34.8	40.0	40.0	40.2	39.0	33.8	39.2
Insolația reală în perioada de vegetație (ore)	1438	1463	1257	1421	1491	1378	1280	1236
	1490	1538	1325	1450	1587	1463	1341	1382
Precipitații anuale (mm)	518	582	455	603	436	602	643	622
	578	617	453	639	484	687	618	651
Precipitații în perioada de vegetație (mm)	336	424	312	395	246	379	461	403
	390	403	298	416	262	449	509	394

După aprecierile ANM, regimul pluviometric care variază între 500 și 600 l/mp/an caracterizează anii moderat secetoși, iar cel care variază între 601 și 700 l/mp/an caracterizează anii cu regim pluviometric optim.

Pentru perspectiva anilor 2090 – 2099, Sandu (2009) menționează că peste 90 % din prognoze apreciază că se vor înregistra secete pronunțate în timpul verii, în special în sudul și sud-estul țării, cu diminuări ale precipitațiilor mai mari de 20 %.

Cline (2007) menționează că în perioada 1961 – 1990 temperatura medie anuală din România a fost de 8,87 °C, iar media anuală a precipitațiilor a fost de 1,74 mm/zi (Tabelul 1.5.).

Tab. 1.5. Valorile lunare ale temperaturii aerului și precipitațiilor prognozate pentru perioada 2070 – 2099, comparativ cu perioada 1960 – 1990 (după Cline, 2007)

Luna	1960 - 1990		2070 - 2099	
	Temperatura °C	Precipitații mm/zi	Temperatura °C	Precipitații mm/zi
Ianuarie	-3,49	1,22	1,79	1,38
Februarie	-1,27	1,26	4,39	1,36
Martie	3,40	1,17	8,33	1,27
Aprilie	9,33	1,70	13,25	1,62
Mai	14,43	2,38	17,83	2,04
Iunie	17,59	3,01	22,49	2,51
Iulie	19,22	2,50	25,97	1,73
August	18,85	2,03	26,37	1,50
Septembrie	15,20	1,54	21,46	1,04
Octombrie	9,77	1,19	14,70	0,88
Noiembrie	4,16	1,44	8,57	1.37
Decembrie	-0,78	1,40	3,65	1,53

Pentru perioada 2070 – 2099 estimează că valoarea acestor parametrii va fi de 14,07 °C și respectiv 1,52 mm/zi. Datorită faptului că importanța acestor doi parametrii climatici este dată nu de valoarea medie anuală, ci de repartiția lunară, Cline (2007) a prognozat valorile lunare ale acestor parametrii pentru perioada 2070 – 2099, comparativ cu cele din perioada 1960 – 1990

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Din datele acestui tabel se remarcă faptul că nu se mai prognozează temperaturi medii lunare negative și cresc în mod evident temperaturile medii lunare din perioada iunie – septembrie, realizându-se o temperatură maximă lunară de 26,37 °C în luna august. În ceea ce privește precipitațiile se prognozează o creștere a acestora în perioada decembrie – martie și o diminuare a lor în perioada de vegetație a plantelor horticole, cu un minim în luna iulie.

Proiecțiile schimbărilor în regimul climatic din Romania pentru perioada 2001-2030 realizate de ANM evidențiază o creștere a temperaturii medii lunare a aerului, mai mare în lunile noiembrie-decembrie și în perioada caldă a anului (mai-septembrie) de aproximativ 1°C, valori ceva mai ridicate (până la 1.4-1.5°C) urmând a se înregistra în zonele montane, în sudul și în vestul țării. În perioada rece a anului încălzirea nu va depăși 1°C (Figura 1.10.).

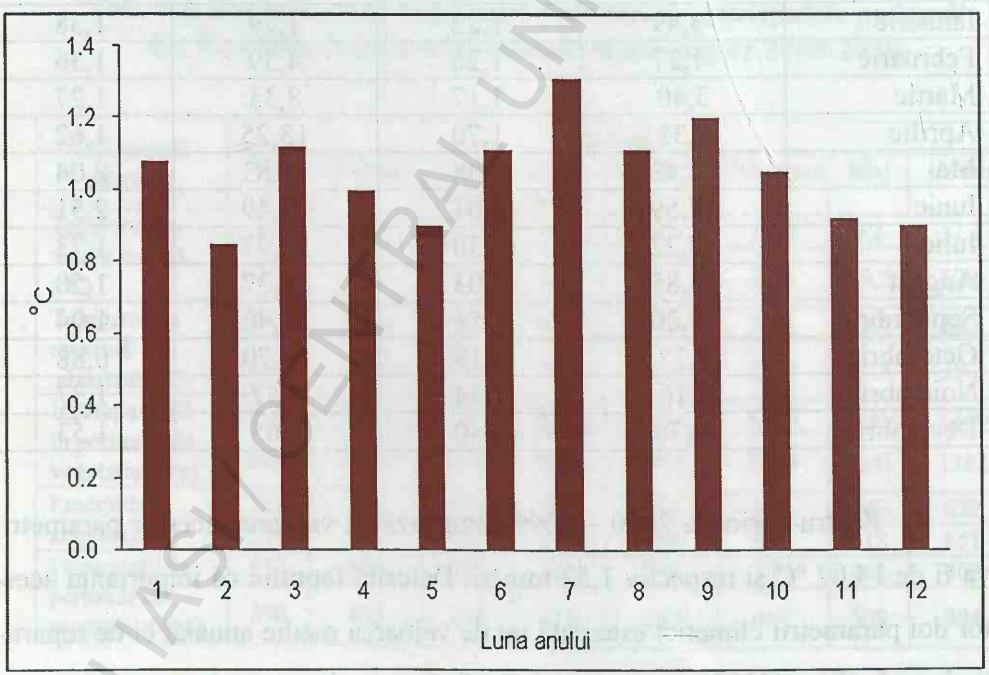


Fig. 1.10. Schimbările în media lunară a temperaturii aerului (°C) pentru intervalul 2001-2030 față de perioada 1961-1990 pe teritoriul României (după Busuioc, 2011)

BIBLIOTECA CENTRALĂ UNIVERSITARĂ

În cazul precipitațiilor se preconizează o scădere a cantităților lunare de precipitații față de perioada 1961-1990, îndeosebi în lunile de iarnă (decembrie, februarie), o creștere a acestora în luna octombrie, iar în lunile de vară se proiectează o scădere a cantității de precipitații în zonele de câmpie și de deal și o ușoară creștere a acestora în zonele montane. Scăderea cea mai accentuată (de aproximativ 6%) se va înregistra în luna iulie (Figura 1.11.).

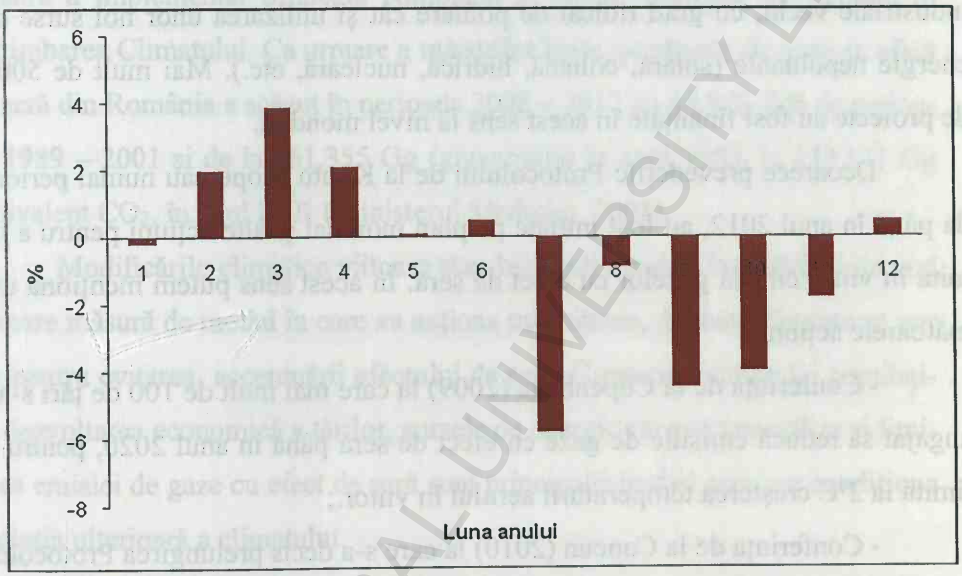


Fig. 1.11. Schimbările în rata zilnică lunară de precipitații (în %) pentru intervalul 2001-2030 față de perioada 1961-1990 pe teritoriul României (după Busuioc, 2011)

Abordarea la nivel instituțional a problematicii schimbărilor climatice

Datorită efectelor negative pe care le au modificările climatice asupra economiei, un număr de 180 state ale lumii au semnat Protocolul de la Kyoto din anul 1997, care restricționează emisia de gaze cu efect de seră și în special a dioxidului de carbon și a freonilor. Dintre țările semnatare, cele 38 de țări puternic industrializate (cu excepția SUA care nu a ratificat tratatul) s-au obligat

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

să reducă emisiile de gaze cu efect de seră în perioada 2008 – 2012 cu 5,2 % sub nivelul anului1990. Aceste restricții nu au fost impuse țărilor în curs de dezvoltare, care produc cantități mici de gaze cu efect de seră.

Pentru realizarea acestui deziderat, se preconizează reducerea utilizării combustibililor fosili (cărbune, petrol, etc.) care prin ardere produc dioxid de carbon, a folosirii freonilor pentru frigidere, a automobilelor și a tehnologiilor industriale vechi, cu grad ridicat de poluare cât și utilizarea unor noi surse de energie nepoluante (solară, eoliană, hidrică, nucleară, etc.). Mai mult de 5000 de proiecte au fost finanțate în acest sens la nivel mondial.

Deoarece prevederile Protocolului de la Kyoto acopereau numai perioada până în anul 2012, au fost inițiate pe plan mondial și alte acțiuni pentru a limita în viitor emisia gazelor cu efect de seră. În acest sens putem menționa următoarele acțiuni:

- Conferința de la Copenhaga (2009) la care mai mult de 100 de țări s-au angajat să reducă emisiile de gaze cu efect de seră până în anul 2020, pentru a limita la 2°C creșterea temperaturii aerului în viitor.;

- Conferința de la Cancun (2010) la care s-a decis prelungirea Protocolului de la Kyoto și după anul 2012, punându-se la punct structurile care să permită facilitarea negocierilor în viitor;

- Crearea „ *Fondului verde pentru climat*" (the Green Climate Fund), care va fi alimentat cu 100 miliarde dolari începând cu anul 2020 pentru a permite punerea în practică a măsurilor stabilite pentru reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră;

- Crearea cadrului reglementar (REDD) de luptă împotriva defrișării sau degradării pădurilor;

- Conferințele de la Durban (2011) și Quatar (2012), care au permis țărilor semnatare ale Protocolului de la Kyoto să prelungească acest protocol și să pună bazele unui acord pentru un nou angajament mondial începând cu anul 2020.

La nivel european Comisia Europeană a publicat în anul 2000 o „ *carte albă* „ privind măsurile de adaptare a țărilor membre la schimbările climatice și a creat în anul 2013 un grup de lucru pe această temă (Impact and Adaptation Steering Group) format din reprezentanți ai țărilor membre și specialiști în domeniile conexe.

Pentru aplicarea tratatului de la Kyoto, Ministerul Mediului din țara noastră a implementat Strategia Națională și Planul Național de Acțiune în Schimbarea Climatului. Ca urmare a măsurilor luate, producția de gaze cu efect de seră din România a scăzut în perioada 2008 – 2012 cu 46,8 % față de perioada 1989 – 2001 și de la 261.355 Gg (gigagrame) în anul 1989, la 139.171 Gg echivalent CO_2, în anul 2001 (Ministerul Mediului, 2005).

Modificările climatice viitoare stau încă sub semnul întrebării și depind în mare măsură de modul în care va acționa umanitatea, de măsurile care se vor lua pentru evitarea accentuării efectului de seră. Creșterea numărului populației, dezvoltarea economică a țărilor, sursele de energie care se vor utiliza și limitarea emisiei de gaze cu efect de seră sunt principalii factori care vor condiționa evoluția ulterioară a climatului.

Măsurile care se vor lua pentru evitarea efectelor negative ale schimbărilor climatice sunt influențate de numeroși factori dintre care se pot menționa, ca fiind mai importanți, următorii:

- Puterea economică a statelor, stabilitatea și eficiența instituțiilor statului;
- Puterea economică a fermierilor;
- Accesul la tehnologiile noi;
- Sistemele de diseminare a informațiilor.

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

2. EFECTELE MODIFICĂRILOR CLIMATICE ASUPRA PROCESELOR METABOLICE DIN PLANTELE HORTICOLE

Burzo I., Aurelia Dobrescu, Aurelia Diaconu, Marieta Ploae

2.1. Efectele modificărilor climatice asupra creşterii şi dezvoltării plantelor horticole 46
2.2. Efectele modificărilor climatice asupra proceselor de sinteză din plantele horticole 64
2.3. Efectele modificărilor climatice asupra proceselor de biodegradare din plantele horticole 74
2.4. Efectele modificărilor climatice asupra regimului de apă al plantelor 80
2.5. Efectele modificărilor climatice asupra producţiei şi calităţii acesteia 91

Plantele sunt organisme sensibile, care interacţionează cu factorii din mediul ambiant şi răspund în mod adecvat. Acestea s-au adaptat la condiţiile de mediu în care trăiesc, care le permit să-şi desfăşoare procesele vitale în condiţii optime şi le asigură posibilităţile de perpetuare a speciilor.

Principalii factori climatici care afectează procesele metabolice din plantele horticole sunt temperaturile ridicate şi precipitaţiile scăzute (secetă), care frecvent sunt însoţiţi de alţi doi factori limitativi: intensitatea mărită a radiaţiilor solare (inclusiv UV) şi creşterea salinităţii solurilor. Factorii climatici acţionează asupra plantelor prin intensitate, ritm de modificare şi durată de acţiune. Expunerea bruscă a plantelor la un stres de intensitate mai mare şi de durată are efecte dezastruoase, datorită faptului că se iniţiază procese de biodegradare care conduc la apoptoză, adică la moartea celulelor şi a plantei întregi.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Factorii ambianți influențează în mod direct metabolismul plantelor; iar în cazul în care valorile acestor factori se găsesc în afara limitelor optime, pot să devină factori de stres, având un efect limitativ hotărâtor asupra producției și calității acesteia. Astfel, Buchanan ș.a. (2000) au apreciat că pierderile de recoltă la culturile de câmp, datorate factorilor de stres biotici și abiotici se ridică la 65,8 % în cazul porumbului, 82,1 % în cazul grâului, 69,3 % la soia, 54,1 % la cartof și 50,7 % la sfecla de zahăr.

Supraviețuirea plantelor în condiții de stres variază cu specia și soiul (rezistente, tolerante sau sensibile).

Plantele rezistente la stresul termo-hidric sunt cele care în procesul de ontogeneză sunt capabile să reziste la acțiunea acestor factori și care pot să crească, să se dezvolte și să se reproducă în aceste condiții datorită unui număr de adaptări achiziționate în procesul de evoluție.

Plantele tolerante pot realiza reacții de aclimatizare care le permit să supraviețuiască perioade mai lungi sau mai scurte, în condiții de stres termo-hidric.

Plantele sensibile sunt lipsite de mecanisme fiziologice care să le permită supraviețuirea în condiții de stres termo-hidric și din această cauză sunt expuse la apoptoză.

După Hall (2001) **stresul termic** este cauzat de temperatura a cărei nivel, durată de expunere și ritm de creștere poate să determine daune plantelor. În general se consideră că temperaturile la care 50 % din plante prezintă simptome negative caracteristice, au efect stresant. Klueva ș.a. (2001) consideră că limitele superioare de temperatură la care plantele pot supraviețui, sunt cuprinse între 40 și 55 °C și variază în funcție de specie și durata de expunere. După Levitt (1980) limitele în care temperaturile ridicate devin factori de stres, variază în funcție de specie și durata de expunere, în următoarele limite:

50 – 61 °C pentru plantele tropicale și subtropicale cu tip fotosintetic C_4.

49 – 55 °C pentru plantele originare din zonele aride.

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

43 – 48 °C pentru plantele mediteraneene sempervirescente.

41 – 43 °C pentru pomii și arbuștii fructiferi din zonele temperate.

Leone ș.a. (2003) consideră că plantele suportă creșterea temperaturii cu 5 – 10 °C peste temperatura optimă, dar la temperaturi mai mari cu 12 – 15 °C se manifestă efectele stresului termic.

Pe parcursul perioadei de vegetație, plantele sunt expuse nu numai la acțiunea temperaturilor ridicate ci și la perioade secetoase, mai lungi, sau mai scurte. Apa reprezintă un component important al mediului în care trăiesc plantele și care influențează metabolismul acestora. Boyer (1982) consideră că **stresul hidric** este larg răspândit și reprezintă cel mai important factor abiotic, care limitează producția la cele mai multe plante de cultură.

Perioada critică pentru aprovizionarea cu apă a plantelor variază cu specia, dar în general, stadiile de plantulă și de înflorire sunt cele mai vulnerabile.

Lakso (1985) menționează că răspunsul pomilor fructiferi la stresul hidric este mai redus comparativ cu cel al plantelor anuale și variază cu specia, organul și fenofaza de producere a acestuia.

Hsiao (1973) consideră că stresul hidric este moderat, în cazul în care potențialul hidric foliar variază între -1,2 și -1,5 MPa și este sever, când potențialul hidric depășește -1,5 MPa.

Răspunsul plantelor la deficitul hidric este rapid și se poate realiza după câteva secunde pentru modificarea potențialului de membrană și a gradului de fosforilare a proteinelor și câteva minute, sau ore, pentru modificarea expresiei genelor și a compoziției proteinelor (Cominelli ș.a.,2000).

Rezistența la secetă a plantelor este o caracteristică genetică și este pusă în evidență de indicele de secetă care reprezintă raportul dintre producțiile obținute pe parcelele aprovizionate și neaprovizionate cu apă. Valoarea acestui indicator variază în funcție de genotip între 0,22 și 0,90.

Acțiunea stresului termo-hidric se poate aprecia prin nivelul cu care se modifică valorile principalilor indicatori fiziologici și biochimici ai plantelor

expuse la acţiunea acestor factori. Cercetările efectuate de Rizhisky ş.a. (2002) au subliniat faptul că stresul induce numeroase modificări în metabolismul plantelor iar Rao ş.a. (2006) menţionează că stresul termic şi hidric are efecte multiple:

- Determină inhibarea germinării semințelor, a diviziunii şi extensiei celulare, stimulează senescenţa prematură şi diminuarea producţiei

- Afectează procesele fiziologice prin scăderea conţinutului de apă, a intensităţii transpiraţiei şi fotosintezei, modificarea procesului de respiraţie, reducerea ritmului de asimilare a azotului şi acumularea inhibitorilor de creştere.

- Determină schimbări la nivel molecular prin: modificarea expresiei genelor, descompunerea macromoleculelor, reducerea activităţii enzimelor vitale, diminuarea sintezei proteinelor şi dezorganizarea sistemelor membranale.

După Dubey (1999), în cazul temperaturilor care depăşesc 40 °C, se produce creşterea vâscozităţii citoplasmei, scăderea vitezei curenţilor citoplasmatici, alterarea semipermeabilităţii membranelor plasmatice, este afectat transportul de electroni prin fotosistemul II, procesul de fosforilare oxidativă şi fotosintetică. Se produc de asemenea modificări ale conţinutului de pigmenţi clorofilieni, acizi nucleici, se intensifică producerea de specii reactive de oxigen şi ciclul respirator alternativ în care substanţele de rezervă se biodegradează fără producerea de energie biochimică.

Parsell şi Lindquist (1994) menţionează că şocul termic determină deteriorarea citoscheletului şi a microtubulilor, fragmentarea aparatului Golgi, creşterea numărului de lisozomi, balonarea mitocondriilor, scăderea intensităţii procesului de respiraţie şi a fosforilărilor oxidative, inhibarea sintezei proteinelor, scăderea transcripţiei ARN-polimerazei I, perturbarea sintezei ADN-ului, inhibarea ansamblării cromatinei şi numeroase modificări în membranele celulare.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

2.1. EFECTUL MODIFICĂRILOR CLIMATICE ASUPRA CREȘTERII ȘI DEZVOLTĂRII PLANTELOR HORTICOLE

Modificările climatice, prin temperaturile ridicate și diminuarea precipitațiilor afectează numeroase etape ale procesului de creștere și dezvoltare a plantelor horticole: germinarea, creșterea, înflorirea, legarea, tuberizarea, maturarea și senescența.

Germinarea semințelor este importantă pentru obținerea unor plante viguroase, care să asigure obținerea unei producții mari și de calitate. Acest proces este dependent de temperatura și umiditatea solului.

Semințele au un conținut scăzut de apă, care variază între 5 și 20 %, corespunzător unui potențial hidric de -100 .. –10 MPa. În timpul păstrării, semințele din unele specii pot pierde apa, supraviețuind la un conținut de 1 % apă. Buchanan ș.a. (2000) menționează că în timpul deshidratării, semințele își pierd treptat rezistența la deshidratare, fiind expuse la acțiunea stresului hidric.

Deficitul hidric al solului din perioada de semănat, reprezintă factorul prioritar care condiționează germinarea semințelor și producția ce se va obține. În condiții de secetă procesul de imbibiție a coloizilor din celulele semințelor nu mai are loc și nu se mai generează presiunea de imbibiție care determină ruperea tegumentului iar radicula rămâne sechestrată în sămânță. În lipsa hidratării citoplasmei, activitatea enzimatică este redusă, hidroliza substanțelor de rezervă este încetinită iar germinarea semințelor nu mai are loc.

Temperatura optimă pentru germinarea semințelor variază în funcție de specie între 15 – 20 °C pentru *salată* și *spanac*, 15 – 25 °C pentru *morcovi*, 15 - 27 °C *pentru tomate*, 15 – 30 °C pentru *varză*, 20 – 25 °C pentru *pătlăgele vinete*, 20 – 30 °C pentru *ardei* și 25 – 30 °C pentru *castraveți*. Depășirea limitei maxime de temperatură inhibă procesul de germinare sau poate determina moartea embrionului. După Hasanuzzaman ș.a. (2013), limitele maxime la care poate să aibă loc germinarea semințelor variază în funcție de specie astfel: 25

°C salată, 30 °C tomate, morcovi, castraveți și spanac, 33 °C pătlăgele vinete și 35 °C ardei, pepene galben și varză.

Webster și Looney (1996) menționează că temperatura optimă pentru germinarea semințelor de cireș este cuprinsă între 10 și 17 °C, iar temperaturile mai mari de 20 °C inhibă acest proces.

Gurley (2000) a constatat că sinteza proteinei de șoc termic HSP101 în semințe, poate să determine creșterea termotoleranței sau prelungirea perioadei de termotoleranță, în timpul procesului de germinare.

Creșterea plantelor horticole este afectată de temperaturile ridicate și de secetă, prin efectele inhibitoare pe care le au asupra diviziunii și extensiei celulare, precum și asupra unor modificări morfologice privind creșterea în grosime a frunzelor și a cuticulei, reducerea numărului de stomate, ofilirea, modificarea poziției frunzelor pe plantă, abscisia și modificarea numărului de acvaporine (Ahmad și Prasad, 2012).

Se cunoaște faptul că în timpul zilei, crește cantitatea de radiații infraroșii, din radiațiile solare. Radiațiile infraroșii sunt radiații calorice, care au un maxim de absorbție în culoarea verde a frunzelor, care reprezintă culoarea complementară. Rezultă deci că frunzele absorb cu predilecție radiațiile infraroșii, ceea ce determină creșterea temperaturii acestora cu 1 – 2 °C peste temperatura aerului. Aceasta contribuie la intensificarea procesului de transpirație și la pierderea apei din celulele frunzelor, ceea ce contribuie la **ofilirea frunzelor** și la modificarea poziției acestora pe plantă. Acesta constituie un proces de apărare pasivă, deoarece reduce cantitatea de radiații interceptate de frunze, determină scăderea temperaturii acestora și a intensității procesului de transpirație fără consum de energie.

Conținutul în apă al solului la care apar simptome de ofilire, este cunoscut sub denumirea de coeficient de ofilire și variază cu tipul de sol între 1 - % în solurile nisipoase și 17 – 19 % în cele argiloase. Ofilirea plantelor este însoțită de cele mai multe ori de îngălbenirea frunzelor, apariția de necroze pe marginea acestora, inhibarea procesului de creștere și reducerea taliei. Seceta

BUASM CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

stimulează senescența frunzelor de la baza plantelor, căderea acestora și prin aceasta reducerea suprafeței foliare și a transpirației totale.

În cazul unui deficit hidric mai mare, simptomele caracteristice ale plantelor constau în: pierderea turgescenței celulelor, încetarea creșterii, reducerea schimburilor gazoase și intensificarea procesului de respirație, care depășește intensitatea fotosintezei.

. Ofilirea survine frecvent în timpul zilelor cu temperaturi ridicate, mai ales la sfârșitul înfloritului. De cele mai multe ori frunzele își recapătă turgescența în timpul nopții, dacă există o cantitate minimă de apă în sol. Ofilirea care persistă dimineața la unele genotipuri sensibile, afectează un sfert din frunzele bazale. Okamoto ș.a. (2004) au precizat că expunerea plantelor de *viță de vie,* soiul Chardonnay, la stres hidric timp de 15 zile, a determinat ofilirea frunzelor după 2 zile.

Lipsa apei din sol pentru perioade relativ scurte de timp (2..12 zile), în funcție de specie, nu are urmări drastice asupra plantelor, datorită redistribuirii apei din țesuturile acestora. Apa din rădăcinile plantelor este transportată în organele aeriene, iar cea din apoplast, pătrunde prin endosmoză în celulele frunzelor, unde reface presiunea de turgescență și asigură condițiile normale, pentru desfășurarea proceselor metabolice.

Creșterea grosimii cuticulei, scăderea numărului de stomate, acumularea în pereții celulari a hemicelulozelor sub formă de gel care reține apa, reprezintă alte căi prin care plantele evită pierderile masive de apă, în perioadele cu stres hidric. Aharoni ș.a. (2004) au constatat că factorii de transcripție din Arabidopsis: WIN1/SHN1 implicați în aclimatizarea la stresul hidric au determinat expresia genelor asociate cu creșterea grosimii cuticulei, cu diminuarea numărului de stomate, și cu creșterea toleranței la secetă.

Prelungirea perioadei cu stres hidric, determină sinteza etilenei, care este considerată și ca un hormon de stres. Etilena stimulează procesul de maturare a plantelor și sinteza enzimelor pectice și a celulazelor, care catalizează hidroliza acestor compuși din zona de abscisie a pețiolului foliar. Celulele din

această zonă se desprind cu uşurinţă, determinând căderea frunzelor. Aceasta determină reducerea suprafeţei foliare, care reprezintă una din căile prin care plantele îşi reduc pierderile de apă din ţesuturi, prevenind deshidratarea şi moartea celulelor.

Creşterea plantelor este rezultatul procesului de diviziune celulară, precum şi a sporirii volumului, dimensiunilor şi a masei acestora. Stresul termic poate să influenţeze direct creşterea plantelor prin efectul pe care îl are asupra desfăşurării acestui proces, dar şi în mod indirect, prin acţiunea pe care o are asupra desfăşurării altor procese fiziologice (fotosinteză, transpiraţie, respiraţie etc.), creşterea fiind rezultatul cumulat al desfăşurării metabolismului întregii plante. Din această cauză nu s-a găsit o corelaţie semnificativă între intensitatea proceselor fiziologice luate individual şi creşterea plantelor. De exemplu, în condiţii de stres termic intensitatea procesului de fotosinteză poate să scadă cu 50 %, fără a exista o corelaţie semnificativă cu gradul de inhibare a procesului de creştere (Smith ş.a., 1999). Procesul de respiraţie furnizează energia necesară procesului de creştere, dar în condiţii de stres termic, respiraţia se intensifică (de circa 2 ori la creşterea temperaturii cu 10 °C), ceea ce reduce cantitatea de energie biochimică care poate fi utilizată în procesul de creştere.

Acest ansamblu de factori determină realizarea de către plante a unei înfăţişări caracteristice: talie şi frunze mai mici având culoarea uşor gălbuie şi număr mai mic de fructe, cu dimensiuni mai mici.

Acţiunea stresului hidric asupra creşterii plantelor se manifestă în două etape: în faza de diviziune şi în faza de extensie celulară şi se manifestă în final prin realizarea dimensiunilor caracteristice pentru toate organele plantelor.

Diviziunea celulară are la bază mecanismul molecular de control a ciclului celular, în care intervin ciclin dependent protein kinazele (CDKs). Acestea sunt alcătuite din două subunităţi; una are rol catalitic: ciclina şi alta are rolul de a activa cataliza: protein kinaza a cărei activare se face prin fosforilarea reziduurilor de serină şi treonină.

Complexul de gene CDK cuprinde mai multe gene care codifică protein kinazele specifice care reglează fiecare etapă a ciclului de diviziune.

Ciclinele au fost grupate în două categorii:

- Cicline mitotice care sunt de tip A, care intervin în faza S şi de tip B, care intervin în tranziţia de la faza G2 la faza M.

- Cicline G1 care cuprind ciclinele de tip D şi E. Tipul D se acumulează numai în faza G1 şi se degradează la începutul fazei S. Tipul E se acumulează târziu, în faza G1 şi timpuriu în faza S.

Stresul hidric determină sinteza acidului abscisic, care induce expresia genei ICK1 care codifică sinteza unui inhibitor al ciclin-dependent protein kinazelor, care inhibă procesul de diviziune celulară (Wang ş.a., 1998).

Meristemele se caracterizează printr-un metabolism intens şi ca urmare, printr-un consum mare de substanţe nutritive şi energie. Aceste substanţe provin de la ţesuturile asimilatoare, a căror activitate este afectată de stresul hidric. Ca urmare, în condiţii nefavorabile de mediu şi mai ales în condiţii de stres hidric, aprovizionarea ţesuturilor meristematice cu compuşi organici, cu apă şi energie biochimică (ATP) este deficitară, ceea ce reduce ritmul de diviziune a celulelor.

Efectul stresului hidric este resimţit în mod diferit, în funcţie de poziţia meristemelor pe plantă. Astfel, meristemele radiculare sunt mai puţin afectate de stresul hidric, comparativ cu meristemele foliare iar meristemele foliare ale plantelor dicotiledonate sunt mai mult afectate, decât cele ale plantelor monocotiledonate.

Extensia celulară determină realizarea dimensiunilor caracteristice ale celulelor, ceea ce implică sporirea suprafeţei pereţilor celulari. Elasticitatea pereţilor celulari poate asigura numai o mică creştere a suprafeţei acestora, creşterea propriu zisă fiind realizată printr-un proces care se desfăşoară în trei etape.

- În prima etapă are loc transportul din citoplasmă în apoplast a expansinelor, proteine cu greutatea moleculară de 25 - 27 kDa (McQueen-Mason,

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

1995). Aceste substanțe, care nu sunt considerate enzime, au determinat creșterea rapidă a pereților celulari din plantele de castraveți, mazăre (epicotil), tomate (epicotil), ridichi (hipocotil), ceapă și crin (frunze).

Expansinele acționează în trei moduri:

- Pot avea acțiune hidrolitică asupra polimerilor din pereții celulari.

- Pot rupe legăturile din mijlocul lanțului de polimeri, iar energia rezultată din acest proces poate fi folosită pentru refacerea legăturilor într-o poziție nouă, sau la un alt polimer.

- Pot rupe legăturile necovalente dintre substanțele care alcătuiesc pereții celulari.

În etapa a doua are loc îndepărtarea microfibrilelor celulozice din zonele unde au avut loc procesele de hidroliză, determinată de presiunea de turgescență din celule. Aceasta conduce la creșterea suprafeței pereților celulari. Sensul de creștere al pereților celulari este determinat de localizarea zonelor în care acționează expansinele și enzimele hidrolitice.

- În etapa a treia are loc intensificarea activității sintetazelor, care catalizează reacțiile de refacere a structurii pereților celulari prin integrarea unor noi substanțe și refacerea legăturilor în zonele în care s-a produs extensia (Figura 2.1.).

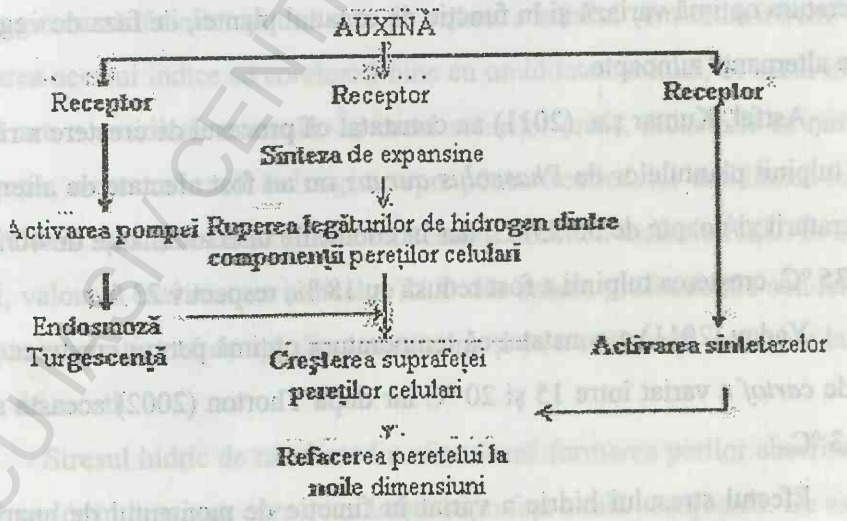


Fig. 2.1. Schema reglării procesului de extensie celulară

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Efectul secetei asupra extensiei celulare este evident. Ritmul de extensie a celulelor (R) este descris ca o funcție liniară a presiunii de turgescență (P), sub o valoare de prag a acesteia (P1), creșterea în dimensiuni a celulelor nu poate avea loc R = m(P-P1), în care m este factorul de extensibilitate a pereților celulari. Aceasta conduce la formarea unor frunze și fructe mai mici și la creșterea valorii raportului rădăcini/ frunze.

Acumularea substanțelor osmotic active în celulele plantelor expuse la stres termo-hidric stimulează procesul de endosmoză a apei și sporirea presiunii de turgescență, dar acest proces nu poate contracara pierderea apei indusă de stresul sever.

Un factor important care influențează procesul de creștere a plantelor în condiții de stres hidric îl constituie sinteza acidului abscisic. Acest hormon inhibitor de creștere, in condiții de stres are un efect stimulator asupra acestui proces și determină numeroase reacții de adaptare: închiderea stomatelor și expresia genelor implicate în sinteza proteinelor LEA, a enzimelor și substanțelor antioxidante etc.

Limitele optime de temperatură pentru creșterea plantelor variază cu specia. Problema se complică însă, datorită faptului că pentru o specie dată, temperatura optimă variază și în funcție de organul plantei, de faza de vegetație sau de alternanța zi/noapte.

Astfel, Kumar ș.a. (2011) au constatat că procesul de creștere a rădăcinii și tulpinii plantulelor de *Phaseolus aureus* nu au fost afectate de alternanța temperaturii zi/noapte de 35/25 °C, dar în condițiile unei alternanțe de 40/30 °C și 45/35 °C, creșterea tulpinii a fost redusă cu 18 %, respectiv 23 %.

Yadav (2011) a constatat că temperatura optimă pentru creșterea plantelor de *cartof* a variat între 15 și 20 °C iar după Thorton (2002) aceasta a fost de 18,3 °C.

Efectul stresului hidric a variat în funcție de momentul de apariție a acestuia și de soi. Astfel, Vos și Haverkort (2007) a constatat că soiurile timpu-

rii de *cartof* sunt afectate mai puțin de stresul hidric tardiv, în timp ce soiurile tardive tolerează mai bine stresul hidric timpuriu.

Buchanan ș.a. (2000) apreciază că în cazul plantelor din zona temperată, cu un conținut ridicat de apă, expunerea pentru câteva ore la temperaturi cuprinse între 45 și 55 °C, determină moartea acestora.

Creșterea rădăcinii este un proces coordonat genetic; lungimea, gradul de ramificare și numărul perilor absorbanți este caracteristic pentru o specie. Acest proces este influențat de temperatura, conținutul în apă și substanțe minerale din sol și are repercusiuni majore asupra creșterii și dezvoltării întregii plante.

Temperatura solului influențează creșterea sistemului radicular, ramificarea rădăcinilor și direcțiile de creștere a acestora. Cercetările efectuate ce Nagesh Babu și Devaraj (2008) au relevat că temperaturile ridicate (46 – 48 °C) au determinat inhibarea creșterii rădăcinii plantelor de *fasole*.

Plantele adaptate la stresul hidric au rădăcinile lungi și bine ramificate, iar modificarea arhitecturii rădăcinii și creșterea suprafeței de absorbție este considerată ca o aclimatizare la stresul hidric. Acest proces poate fi cuantificat cu ajutorul indicelui RLD (root lenght density) care este definit de raportul dintre lungimea rădăcinilor și unitatea de volum a solului (cm rădăcini/cm^3 sol). Valoarea acestui indice se corelează bine cu umiditatea solului, în cazul în care acesta are o umiditate normală. În cazul solurilor aride, rădăcinile se ramifică mai puțin, cresc mai mult în lungime spre pânza freatică, iar umiditatea solului se corelează mai bine cu lungimea rădăcinilor decât cu indicele RLD. În aceste soluri, valoarea mai mare a indicelui RLD din zonele profunde ale solului sunt corelate cu conținutul de apă din aceste zone și cu o rezistență mai mare la condițiile de secetă.

Stresul hidric de nivel mediu stimulează formarea perilor absorbanți și creșterea lor în lungime, ceea ce mărește suprafața totală absorbantă. De asemenea, perii absorbanți secretă mucilagii cu ajutorul cărora aderă la particulele so-

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

lului, împiedecând formarea unor straturi izolatoare de aer, care frânează absorbția apei și substanțelor din sol.

Intensificarea procesului de creștere a rădăcinilor în condiții de stres hidric mediu se datorează după Saab ș.a. (1990) efectului stimulator pe care îl are acidul abscisic asupra acestui proces.

Wilkinson (2000) a efectuat o sinteză asupra interacțiunilor dintre plante și mediul ambiant, din care rezultă că rădăcinile din zonele superficiale ale solului sunt expuse mai rapid la stesul hidric care determină moartea lor. Numeroase specii pot reduce mortalitatea acestora prin ajustajul osmotic pe care îl realizează, care menține turgescența perilor absorbanți și capacitatea de absorbție a apei din solurile secetoase. Spollen și Sharp (1991) au precizat că stresul hidric (-1,5 MPa) a determinat și scăderea presiunii de turgescență din celulele din zona de extensie a rădăcinii și a ritmului de creștere în lungime, fără a afecta însă celulele din zona apicală. Ajustajul osmotic al celulele din zona de creștere a rădăcinii, prin acumularea de substanțe osmotic active: prolină sau glicin betaină permite continuarea acestui proces în condiții de secetă.

Unele modificări morfologice așa cum este reducerea numărului de straturi de celule corticale poate fi considerată ca o adaptare pentru reducerea distanței de transport a apei și substanțelor minerale până la vasele lemnoase. Tot adaptare este considerată și formarea exodermei și a rizodermei care împiedică pierderea apei din rădăcini, în condiții de stres hidric.

Seceta inhibă creșterea în lungime a rădăcinilor, stimulează creșterea rădăcinilor laterale și în numeroase cazuri determină moartea perilor absorbanți.

Creșterea rădăcinii este inhibată atât ca urmare a acțiunii directe a stresului hidric, cât și pe cale hormonală. Astfel, etilena, care este considerată ca hormon de maturare și stres, are un efect inhibitor asupra creșterii rădăcinii. În condiții de stres hidric are loc expresia unei familii de multigene ce codifică sinteza ACC-sintazei. Această enzimă catalizează transformarea metioninei în acid ciclopropan-1-carboxilic, care sub acțiunea ACC-oxidazei se transformă în eti-

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

lenă. Unele experienţe au relevat că în condiţii de stres hidric, nu s-a constatat intensificarea procesului de sinteză a etilenei şi s-a concluzionat că în aceste cazuri etilena poate creşte sensibilitatea celulelor din rădăcină, la acţiunea factorilor de stres. Morgan şi Drew (1997) au precizat că producerea de etilenă în plantele expuse la stresul hidric este dependentă de rapiditatea cu care scade potenţialul hidric, durata stresului, specie, vârsta plantei, cât şi de existenţa altor factori de stres (temperatură ridicată, salinitate etc.).

Creşterea tulpinii în lungime şi formarea ramificaţiilor se datorează prezenţei ţesuturilor meristematice în mugurii apicali şi laterali. Activitatea acestor meristeme este reglată de către genele din familia KNOTTED (KN1), care determină creşterea determinată sau nedeterminată a acestora.

Creşterea tulpinii este influenţată mai mult decât cea a rădăcinii, de acţiunea factorilor ambianţi şi mai ales de stresul termo-hidric. Ca urmare, în condiţii de secetă, raportul dintre rădăcini şi tulpini poate creşte de până la 20 de ori (Chapin, 1980).

Cercetările efectuate ce Nagesh Babu şi Devaraj (2008) au relevat că temperaturile ridicate (46 – 48 °C) au determinat inhibarea creşterii tulpinii plantelor de *fasole*.

De asemenea cantitatea de substanţă uscată din tulpini scade, corelat cu diminuarea intensităţii procesului de fotosinteză

Creşterea frunzelor este reglată de către genele KNOX care sunt membrii ai familiei KNOTTED. Aceste gene au rol în organizarea şi păstrarea celulelor meristematice şi în morfologia frunzelor.

Factorii de mediu, în funcţie de intensitatea lor pot să modifice creşterea frunzelor. Astfel, creşterea temperaturii stimulează formarea şi ritmul de apariţie a frunzelor, procesele de diviziune şi extensie celulară şi scurtează perioada de creştere a acestora. Efectele stresului termic asupra creşterii frunzelor este mai puţin cunoscut.

BCU MAST / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Stresul hidric din perioada de creștere a frunzelor, determină reducerea suprafeței frunzelor, a densității stomatelor și determină realizarea unui tip morfologic xeromorfic (Stocker, 1960). De asemenea, plantele își reduc cantitatea de apă eliminată prin procesul de transpirație prin formarea unui număr mai mic de frunze, cu dimensiunile mai mici iar senescența și abscisia se manifestă mai timpuriu și se formează un număr mai mic de lăstari sau frați purtători de frunze.

Efectele stresului termo-hidric se manifestă în principal asupra diviziunii și extensiei celulelor din frunze și acestea variază în funcție de faza în care acționează acești factori. Dacă stresul are loc timpuriu, aceste două procese revin complet la normal, după încetarea stresului, dar în cazul în care stresul se manifestă în etapele finale ale diviziunii și extensiei celulare dimensiunile frunzelor sunt mai mici.

Stresul termo-hidric modifică indicele suprafeței foliare (LAI), respectiv raportul dintre suprafața frunzelor întregii plante și suprafața proiecției frunzelor la nivelul solului. Valoarea acestui indice scade în condiții de stres, datorită reducerii numărului și suprafeței frunzelor, cât și a senescenței și abscisiei mai rapide a acestora (Farooq ș.a., 2010). Aceasta contribuie la supraviețuirea plantelor în condiții de stres termo-hidric, contribuind la reducerea pierderii de apă prin procesul de transpirație. Rehidratarea plantelor după un stres hidric cu durata de 4 – 5 zile, nu elimină efectele determinate de procesul de senescență.

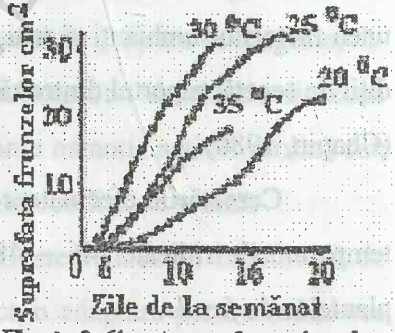


Fig. 2.2. Creșterea frunzelor de fasole în funcție de temperatură (după Wilson și Ludlow, 1986)

Wilson și Ludlow (1968) au precizat că temperatura optimă pentru creșterea frunzelor de *fasole* variază între 25 și 30 °C (Figura 2.2.). La temperatura de 20 °C suprafața frunzelor la *Phaseolus acutifolius* este mai mică, iar durata perioadei de creștere se prelungește la 20 de zile. La temperatura de 35 °C se

înregistrează cea mai mare suprafață foliară, pentru-ca aceasta să scadă la temperatura de 30, 35 și 40 °C (Udomprasert ș.a., 1995).

Influența stresului termic asupra creșterii plantelor, variază în funcție de adaptările pe care le-au suferit acestea, pe parcursul evoluției lor. De exemplu *varza* este o specie adaptată la climatul rece, crește lent la temperatura de 5 °C, acest proces se intensifică până la 15 °C și încetează la temperatura de 21 °C (Smith ș.a., 1999).

Tomatele care sunt plante adaptate la climatul cald, cresc lent la temperatura de 12 – 15 °C, au un optim la 20 – 25 °C și creșterea aproape încetează la temperatura de 35 °C.

Ewing și Struik (1992) au constatat că plantele de cartof expuse la temperaturi ridicate au frunzele mai mici, mai abundente, foliolele sunt mai mici iar raportul dintre masa frunzelor și a tulpinii scade. Durata de viață a frunzelor a variat între 30 și 100 de zile (Struik, 2007), iar temperaturile mai mari de 30 °C au accelerat procesul de senescență a acestora (Fahem și Haverkort, 1988).

Jefferies (1989) a constatat că între rata relativă a creșterii frunzelor de *cartof* (secetă/martor) și potențialul hidric foliar există o corelație liniară (Figura 2.3.).

Vos și Haverkort (2007) au precizat că reducerea dimensiunii frunzelor la plantele de *cartof* este un prim simptom al efectului stresului hidric. În condițiile limitării apei în perioada cuprinsă între 50 și 83 de zile de la plantat, plantele de cartof produc mai puține frunze pe ramificațiile apicale. În ceea ce privește efectul stresului termic s-a constatat că plantele de cartof cultivate în aceste condiții au frunze mai mici, dar mai abundente. Inicele suprafeței foliare

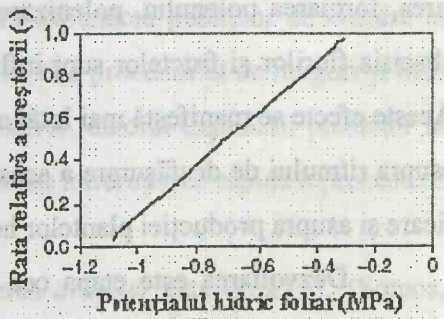


Fig. 2.3. Relația dintre extensia frunzelor de cartof și potențialul hidric foliar (Jefferies, 1989).

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

(LAI) este mai mic de 3 – 4, iar după revenirea la umiditatea normală, procesul de senescență a frunzelor este întârziat

Bansal și Nagarajan (1987) au constatat că procesul de creștere a frunzelor la plantele de *cartof,* este mai lent, dacă sunt expuse la stresul hidric și devine nul după 72 de ore. După rehidratarea plantelor, procesul de creștere a frunzelor a fost reactivat. Cele opt genotipuri de cartof cu care s-a experimentat au fost clasificate în trei grupe:

Grupa A, caracterizată prin reducerea ușoară a creșterii frunzelor în perioada cu stres hidric și revenirea rapidă, după aportul de apă (Kufri-Jioti, Kufri Kundan și SLB/Z/405a).

Grupa B cuprinde soiurile la care stresul hidric determină o diminuare moderată a creșterii frunzelor și revenirea la creșterea normală, după aportul de apă (Kufri Muthu și Up-to-Date).

Grupa C cuprinde genotipurile cu o reducere puternică a procesului de creștere a frunzelor și la care aportul de apă nu a determinat o creștere a frunzelor comparabilă cu martorul (G2524, Kufri Bahar și Kufri Dewa).

Procesul de dezvoltare a plantelor horticole și etapele acestuia: înflorirea, formarea polenului, polenizarea, creșterea tubului polinic, fecundarea și abscisia florilor și fructelor sunt influențate decisiv de stresul termic și hidric. Aceste efecte se manifestă mai întâi asupra declanșării procesului de dezvoltare, asupra ritmului de desfășurare a acestuia și în final asupra capacității de fructificare și asupra producției plantelor horticole.

Dezvoltarea este etapa cea mai critică în care se manifestă efectele stresului termic și hidric, deoarece factorii de stres determină în această etapă scăderea numărului de grăuncioare de polen viabile, reduce cantitatea de nectar produsă de flori, scade procentul de fructe și semințe legate și diminuează producția.

Procesul de dezvoltare la plantele horticole cu creștere determinată începe odată cu încetarea creșterii vegetative și realizarea inducției florale iar în

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

cazul celor cu creştere nedeterminată, creşterea vegetativă şi înflorirea se desfăşoară în paralel. Stresul termo-hidric moderat scurtează perioada dintre inducţia floralã şi înflorire, în timp ce stresul sever, prelungeşte faza de creştere vegetativă, putând inhiba procesul de înflorire.

Formarea polenului este un proces sensibil la acţiunea stresului termic, acesta având o acţiune de inhibare asupra dezvoltării polenului, florile putând să rămână sterile. Acest efect variază în funcţie de soi. Astfel, Ledesma şi Sugiyama (2005) au expus două soiuri de *căpşun* la temperatura zi/noapte de 30/25 °C, din momentul în care prima inflorescenţă a fost vizibilă şi până la înflorit. Polenul provenit de la soiul Nyoho a fost mult mai rezistent la stresul termic, comparativ cu cel de la soiul Toyonoka, la care germinarea şi creşterea tubului polinic a fost inhibată, iar ovulele au rămas nefecundate.

Temperaturile care depăşesc 21 °C pentru alun şi 26,5 °C pentru celelalte specii pomicole inhibă germinarea polenului. Astfel, la soiul de măr Astrahan roşu polenul devine inactiv la temperatura de 20 °C, în timp ce la soiul Cox Orange Pippin, germinarea polenului nu este afectată la temperatura de 32 °C (Nyeki, 1980).

Giulioni ş.a. (1997) au constatat că expunerea plantelor de *mazăre* la stres termic a determinat creşterea semnificativă a procentului de muguri şi flori care au avortat. În urma unui stres termic sever, datorat expunerii plantelor la temperatura zi/noapte de 33/30 °C s-a constatat întreruperea rapidă a procesului de dezvoltare a florilor şi abscisia acestora.

Temperatura optimă pentru creşterea *ardeilor* este de 25 °C (Somos, 1984), iar creşterea temperaturii din timpul zilei peste această limită, a redus fertilitatea polenului şi creşterea tubului polinic. Temperaturile ridicate din timpul nopţii au stimulat procesul de abscisie a florilor (Rylski şi Sigelman, 1982).

Temperatura ridicată este nefavorabilă în perioada de sporogeneză (5 - 9 zile înainte de înflorit), dar după 1 - 3 zile de la înflorit, aceasta nu mai are efecte negative asupra dezvoltării inflorescenţelor de *tomate* (Sugiyama ş.a.,

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

1966). Geisemberg şi Stewart (1986) au precizat că legarea fructelor la plantele de tomate este favorizată de temperaturile cuprinse între 21 şi 24 °C iar creşterea temperaturii peste 25 °C are un efect negativ. El-Ahmadi şi Stevens (1979) au constatat că temperatura ridicată afectează negativ formarea florilor şi a gameţilor, dezvoltarea anterelor, polenizarea, fecundaţia şi dezvoltarea fructelor de tomate. Sato ş.a. (2000) au precizat că temperaturile ridicate din perioada de înflorire previn legarea fructelor la tomate iar Abdul-baki şi Stommel (1995) au constatat că temperatura de zi/noapte de 35/23 °C inhibă legarea acestora.

După Angelini (1965) temperatura optimă pentru înflorirea plantelor de *fasole* se situează între 20 şi 25 °C iar creşterea temperaturii din timpul zilei la 32 °C are efecte reduse asupra abscisiei mugurilor florali şi a florilor. Temperatura nocturnă ce depăşeşte 27 °C, reduce producţia de păstăi şi de seminţe ca urmare a abscisiei mugurilor florali, a florilor şi a păstăilor mici (Konsens ş.a., 1991).

Stresul termic (2 zile la 35 °C, 10 ore/ zi) aplicat la plantele de *fasole*, a afectat mai mult polenul, comparativ cu pistilul. Perioada critică pentru stresul termic este cuprinsă între 6 zile înainte de înflorit, când poate să determine abscisia a 82 % din păstăile cu lungimea mai mică de 2 cm (Monterroso şi Wien, 1990). Prasad ş.a. (2002) au constatat că plantele de *fasole* expuse la temperatura zi/noapte de 37/27 °C au avut viabilitatea polenului şi producţia de păstăi şi seminţe mai mică cu 50 %, comparativ cu varianta expusă la temperaturi mai scăzute (28/18 °C).

În perioada de înflorire şi fecundare **cerinţele pentru apă** a plantelor de *fasole* sunt mari. Lipsa apei în această perioadă poate să determine abscisia mugurilor floriferi şi a florilor.

Mouhouche ş.a. (1998) au precizat că efectul stresului hidric asupra. formării mugurilor florali, deschiderii florilor şi legării fructelor la plantele de *fasole*, sunt mai sensibile la stresul hidric, decât fazele de creştere a păstăilor şi de acumulare a substanţelor de rezervă. Numărul păstăilor de pe o plantă a fost

cu 53 % mai mic la plantele expuse stresului hidric în faza de formare a mugurilor florali, comparativ cu martorul.

Mazărea este o specie sensibilă la aprovizionarea cu apă în perioada de înflorit, când determină reducerea numărului de noduri reproducătoare și a celui de semințe dintr-o păstaie (Turc și Ney, 1994). Stresul hidric de scurtă durată, sau de mică intensitate, la începutul perioadei de umplere a semințelor, nu are un efect deosebit asupra acestora. Stresul sever determină însă avortarea semințelor care nu au ajuns încă la stadiul limită de avortare, realizarea unor semințe cu dimensiuni mici și cu o maturitate mai precoce. Dacă semințele au ajuns la stadiul de umplere, procesul de avortare nu mai are loc (Ney ș.a., 1994).

Lopez ș.a. (2010) menționează că în anul următor celui în care s-a realizat deficitul hidric, acesta afectează etapele reproductive timpurii: înflorirea și legarea fructelor, ceea ce determină scăderea numărul de fructe din livezi. La un mare număr de specii de plante s-a constatat avortul, urmat de abscisia florilor, în cazul în care acestea au fost expuse stresului hidric în perioada de înflorire. Din sinteza efectuată de aceşti autori, rezultă că micşorarea numărului de fructe legate se datorează scăderii viabilității polenului din plantele de cais sau scăderii conținutului de glucide din rădăcinile de piersic. Dacă stresul hidric din perioada postrecoltă nu a fost sever, nivelul producției la unele specii pomicole (pere, cireşe) nu a fost afectat în mod semnificativ în anul următor.

Procesul de tuberizare la plantele de *cartof* este afectat negativ de stresul indus de temperaturile ridicate și de secetă.

Struik ș.a. (1989) au expus diferitele organe ale plantelor de *cartof* din soiul Bintje, la stres termic. S-a constatat că expunerea individuală a stolonilor, rădăcinilor și tulpinilor la stres termic a determinat ramificarea stolonilor și intensificarea procesului de acumulare substanței uscate. Temperatura ridicată la nivelul stolonilor a determinat creșterea ortotropă a acestora, iar aplicarea stresului termic simultan, la toate organele plantelor, a redus numărul de stoloni,

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

astfel că la temperatura de 18 °C s-au format 25,9 stoloni la soiul Bintje şi 22,6 la Desiree iar la temperatura de 28 °C s-au format 6,5 şi respectiv 8,9 stoloni.

După Borah şi Milthrope (1962) temperatura optimă pentru formarea stolonilor la plantele de *cartof* este de 20 °C, iar creşterea temperaturii solului la 25 °C a determinat întârzierea formării stolonilor cu trei săptămâni. Vos şi Haverkort (2007) au precizat că rădăcinii plantelor de *cartof,* expuse la temperaturi ridicate formează un număr mai mic de stoloni, corelat cu diminuarea producţiei.

Stresul hidric timpuriu, în primele 40 de zile de la plantare, a redus în mod evident numărul de stoloni care se formează de pe un tubercul, dar numărul de tuberculi de pe un stolon a rămas neschimbat (soiul Radosa) sau a crescut (soiul Bintje). Stresul hidric tardiv nu a avut afect asupra numărului de stoloni şi de tuberculi (Havorkort ş.a.,1990).

Ewing şi Struik (1992) au constatat că temperaturile ridicate inhibă procesul de tuberizare. Astfel, iniţierea formării tuberculilor de cartof a fost limitată în cazul în care temperatura din timpul nopţii a depăşit 17 °C (Menzel, 1985) iar la temperatura de 30 – 40 °C doar câteva soiuri de cartof au avut un proces de tuberizare mai consistent (Reynolds şi Ewing, 1989).

După Sadler (1961), efectul inhibitor al temperaturii ridicate (30 – 35 °C) asupra procesului de tuberizare (Figura 2.4.). este mediat de gibereline al căror conţinut sporeşte în aceste condiţii. Tratarea plantelor de cartof cu inhibitori ai giberelinelor, anulează efectul temperaturii ridicate. Sarkar (2008) a constatat că radicalul superoxid, format în timpul stresului hidric, reglează procesul de tuberizare, acţionând ca un semnal în ciclul de biosinteză a giberelinelor.

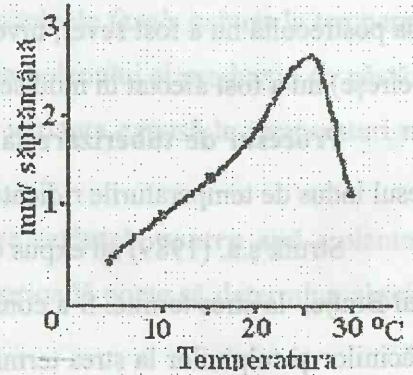


Fig. 2 4. Influenţa temperaturii asupra creşterii mugurului apical la tuberculii de cartof. (Sadler, 1961).

Senescența și moartea plantelor horticole sunt procese coordonate genetic, dar influențat de condițiile din mediul ambiant. Temperatura ridicată și seceta stimulează procesul de biosinteză a etilenei care induce senescența timpurie și apoptoza (moartea) plantelor.

Senescența și moartea plantelor este cu atât mai rapidă, cu cât stresul termo-hidric este mai accentuat. Plantele adaptate la temperaturi mai scăzute, așa cum este mazărea, sunt mai sensibile la acțiunea acestor factori. Astfel, expunerea la temperatura de 35 °C, o perioadă suficientă de timp, poate să determine senescența și moartea lor timpurie.

Plantele senescente prezintă modificări citologice, fiziologice și biochimice caracteristice. Astfel, fosfolipidele din membranele organitelor celulare se biodegradează în prezența fosfolipazelor, pierzându-se semipermeabilitatea acestora, proces dovedit de creșterea valorii indicatorului de curgere a ionilor din celule (ion leackage). Stroma cloroplastelor se descompune, numărul de tilacoide și grane scade iar forma lor caracteristică se modifică. Reticulul endoplasmatic se veziculează iar poliribozomii se desprind de pe canaliculele reticulului endoplasmatic rugos. În vacuolele celulelor se acumulează substanțe electron dense rezultate din oxidarea și polimerizarea substanțelor fenolice (Burzo ș.a., 2004). De asemenea se intensifică procesele de autofagie și autoliză.

Senescența este un proces reglat în mod activ de către gene. Pe parcursul acestui proces are loc transcripția unor noi gene nucleare, care codifică sinteza enzimelor implicate în acest proces. Sinteza hidrolazelor și în special a ribonucleazelor constituie factorul major care acționează în acest proces. Pe parcursul acestui proces scade activitatea ARN-polimerazei, ribulozo-1,5-difosfat carboxilarei/oxidazei, protein sintetazelor și se intensifică activitatea lipazelor, proteazelor, clorofilazelor, fenolazelor și ribonucleazelor.

Activitatea enzimatică are drept urmare biodegradarea substanțelor de rezervă din celule și scăderea valorii energetice, descompunerea clorofilei și oxidarea substanțelor fenolice, ceea ce determină modificări de culoare, des-

BCU "CAROL I" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

compunerea lamelei mediane şi a pereţilor celulozici din zona de abscisie procese ce contribuie la căderea florilor, frunzelor şi fructelor.

Intensificarea proceselor de biodegradare din celule determină moartea acestora şi în final moartea întregii plante.

2.2. EFECTELE MODIFICĂRILOR CLIMATICE ASUPRA PROCESELOR DE SINTEZĂ DIN PLANTELE HORTICOLE

Temperaturile ridicate şi seceta influenţează toate procesele de biosinteză din plante, dar mai ales fotosinteza, sinteza speciilor reactive de oxigen şi a hormonilor. În cazul plantelor expuse la un stres moderat, care se aclimatizează (vezi cap. 2.3.), are loc sinteza a numeroase proteine şi enzime care permit acestor plante să suporte acţiunea unui stres termo hidric mai accentuat.

Procesul de fotosinteză este afectat de stresul produs de temperaturile ridicate şi de secetă pe numeroase căi: reducerea mărimii şi a numărului de frunze, închiderea stomatelor, scăderea conductivităţii mezofilului foliar, deteriorarea aparatului fotosintetic, scăderea conţinutului de pigmenţi clorofilieni, inhibarea activităţii enzimelor specifice şi a sintezei de ATP.

Temperatura, conform legii lui van Hoff, determină intensificarea activităţii enzimatice şi respectiv a procesului de fotosinteză, până la o limită maximă caracteristică în funcţie de specie, după care are un efect negativ, de inhibare a acestui proces. În general, fotosinteza este mai tolerantă la stresul termic, decât la stresul hidric.

Căile prin care temperatura influenţează procesul de fotosinteză sunt diferite: influenţează structura componentelor aparatului fotosintetic, activitatea enzimelor implicate în acest proces, conţinutul în pigmenţi fotosintetizanţi, activitatea fotosistemului II, fotoliza apei, transportul de electroni, sinteza de ATP şi NADPH+H^+. Temperatura are şi un efect indirect prin efectul pe care îl are asupra închiderii stomatelor şi a furnizării dioxidului de carbon, precum şi prin

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

stimularea sintezei radicalilor liberi care inhibă activitatea unor enzime din cloroplast și prin aceasta scade rata de sinteză a ATP-ului, alterează structura membranelor tilacoide și inhibă sinteza proteinei D1 (Rout și Das, 2013).

Aparatul fotosintetic este sensibil la temperaturile ridicate și în cazul celor mai multe specii de plante, activitatea acestuia este inhibată când temperatura frunzelor depășește 38 °C (Edwards și Walker, 1983). Temperatura, în funcție de nivelul stresului termic, afectează atât structura, cât și funcțiile componentelor din cloroplaste, iar după revenirea la condiții normale de mediu, modificările sunt reversibile.

Biswal și Biswal (1999) consideră că modificările pe care le suferă cloroplastele sub acțiunea factorilor de stres, se manifestă la nivelul compoziției pigmenților, a structurii tilacoidelor, transportului de electroni și în eficiența fixării dioxidului de carbon. Cele mai sensibile componente la stresul termic sunt fotosistemul II și membranele tilacoide.

Temperaturile ridicate (48 °C), au determinat creșterea permeabilității membranelor tilacoide, sporirea de 2 – 3 ori a conținutului de acizi grași liberi din acestea (Santarius, 1980), iar la temperatura de 30 °C sensibilitatea tilacoidelor a crescut, pe măsură ce a sporit conținutul acestora în acizi grași nesaturați (acid linoleic). Membranele tilacoide sunt afectate de temperaturi mai scăzute, decât membranele cloroplastelor, la care efectele stresului termic se manifestă la temperaturi cuprinse între 53 și 57 °C.

Temperaturile ridicate (peste 40 °C) afectează complexul producător de oxigen din fotosistemul II, prin eliberarea proteinei extrinseci de 33 kDa și a ionilor de mangan (Enami ș.a., 1994). Aceasta afectează procesul de fotoliză a apei (reacția Hill) și producerea protonilor și a electronilor necesari pentru formarea ATP-ului și a NADP-ului redus, substanțe utilizate în faza enzimatică a fotosintezei. În general, fotosistemul II este mai puțin tolerant la stresul termic, comparativ cu stresul hidric (Havaux, 1992).

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Temperaturile care depăşesc 45 °C, au efect inhibant asupra transportului electronilor între plastochinonele transportoare QA şi QB (Havaux, 1999) iar activitatea enzimei ribulozo-1,5-difosfat carboxilază/ oxigenază scade evident, înainte ca efectul stresului să fie resimţit de fotosistemul II.

Carpentier (1999) consideră că în general, activitatea fotosintetică rămâne stabilă până la temperatura de 30 °C, scade rapid dacă se depăşeşte această temperatură şi este inhibată complet la temperatura de 40 °C.

Stresul termic a determinat scăderea sintezei proteinelor din membranele tilacoide: proteinele din centrul de reacţie a fotosistemului II, subunităţile α şi β a ATP-sintetazei, citocromul f şi citocromul b559 (Santarius 1973). Fotosistemul II şi antena fotoreceptoare sunt mai sensibile la acţiunea temperaturilor ridicate, comparativ cu cele din fotosistemul I, dar s-a constatat că inhibarea produsă de temperatura de 40 °C a fost mult mai mică, dacă intensitatea luminoasă a fost scăzută. De asemenea fotosistemul II este mai sensibil la stresul termic, decât la stresul hidric. Astfel seceta care determină un potenţial hidric foliar de -4MPa nu a afectat funcţionarea fotosistemului II, mai mult chiar a mărit rezistenţa acestuia la acţiunea stresului termic (Havaux ş.a., 1991, 1992).

Temperatura optimă pentru desfăşurarea procesului de fotosinteză la plantele de cartof este de aproximativ 20 °C după Ku ş.a. (1977) şi de 30 °C după Hodson şi Bryant (2012).

Creşterea temperaturii a determinat inhibarea procesului de fotosinteză şi stimularea celui de respiraţie, astfel încât intensitatea celor două procese poate să devină egală, iar plantele nu mai pot să acumuleze substanţe de rezervă. Temperatura la care fotosinteza devine egală cu respiraţie reprezintă punctul de compensare pentru temperatură.

Creşterea temperaturii este însoţită şi de sporirea intensităţii radiaţiilor solare, care pot depăşi gradul de saturare a antenelor fotoreceptoare. În aceste condiţii este afectată activitatea complexului producător de oxigen şi scade activitatea fotoreceptoare a fotosistemului II, ceea ce determină inhibarea fotosin-

tezei şi generarea procesului de fotoinhibiţie (Rout şi Das, 2013). În aceste condiţii se formează un centrul de reacţie inactiv fotochimic al fotosistemului II care disipează excesul de energie din radiaţiile solare în mediul ambiant, sub formă de energie calorică. Mecanismul intim al procesului de fotoinhibiţie nu este bine precizat, dar se presupune că la realizarea acestuia participă şi radicalii liberi, a căror sinteză se intensifică în condiţiile unui exces de energie solară.

Numeroşi specialişti au urmărit efectele stresului termic asupra plantelor horticole.Astfel, temperatura limită la care fotosistemul II de la plantele de *cartof* a fost depreciat ireversibil, este de 38 °C (Havaux, 1993). Dar plantele care au fost expuse la temperatura de 40 °C nu au suferit deprecieri evidente în activitatea fotosistemului II, dacă au fost aclimatizate la temperaturi cuprinse între 30 şi 35 °C.

Cercetările efectuate de Hammes şi De Jager (1990) cu plante de *cartof* au evidenţiat că ridicarea temperaturii de la 15 °C, la 40 °C, cu 4 °C/ minut a determinat scăderea intensităţii procesului de fotosinteză. La temperatura de 40 °C, intensitatea netă a procesului de fotosinteză a fost mai mică cu 37 % faţă de cea determinată la temperatura de 20 °C. Această scădere a intensităţii procesului de fotosinteză la plantele de *cartof*, s-a datorat în prima etapă închiderii stomatelor iar după 3 zile inhibării directe a ciclului Calvin şi în măsură mai mică a transportului de electroni (Schapendonk ş.a., 1989). Prange ş.a. (1990) consideră că efectul temperaturii ridicate se datorează în principal scăderii eficienţei fotosistemului II.

Creşterea lentă a temperaturii plantelor de *cartof* până la regimul de zi/ noapte de 31/29 °C, nu a afectat negativ intensitatea procesului de fotosinteză (Lafta şi Lorenzenm 1885).

Intensitatea procesului de fotosinteză a *cartofilor* din soiul Russet Burbank a avut valoarea maximă la temperaturi cuprinse între 24 şi 30 °C şi a scăzut substanţial la temperatura de 30 °C (Dawelle ş.a.,1981). Conductibilitatea stomatelor a rămas la aceeaşi valoare în limitele de temperatură de 24 – 30 °C,

ceea ce dovedește că inhibarea procesului de fotosinteză s-a datorat efectului temperaturii ridicate asupra componentelor aparatului fotosintetic.

Intensitatea procesului de fotosinteză a cartofilor cultivați pe solurile nisipoase din zona Dăbuleni, a variat la ora 12 valorile intre 9,08 μmoli CO_2/ m^2/s la soiul Cosmos și 18,72 μmoli CO_2/ m^2/s la soiul Virgo iar soiurile Magic și Tresor au înregistrat valori mai mari comparativ cu soiurile Ruxandra și Luiza care au înregistrat valori minime. Soiurile rezistente la secetă și-au menținut intensitatea procesuluzi de fotosinteză la valori mai ridicate. Irigarea plantelor la 80 % din I.U.A. a menținut o bună aprovizionare cu apă a plantelor și soiurile au înregistrat cele mai mari valori ale fotosintezei în luna mai.

Procesul de fotosinteză a fost influențată atât de factorii climatici din zonă cât si de substanțele folosite la fertilizarea plantelor. Fertilizarea plantelor de cartof cu N_{150} P_{75} K_{75} au determinat ca la ora 12 intensitatea procesului de fotosinteză să fie cuprinsă între 11,16 μmoli $CO_2/m^2/s$ la soiul Tîmpa și 17,46 μmoli $CO_2/m^2/s$ la soiul Luiza.

La pepenii verzi utilizarea unor produse stimulatoare ale creșterii sistemului radicular a influențat creșterea ratei procesului de fotosinteză. De remarcat faptul că rata fotosintezei a înregistrat valori mari la amiază, la variantele care s-au fertilizat cu Viomix, Fertiacil și Bionat, ceea ce a influențat pozitiv producția de pepeni, care a fost de 104-113 t/ha.

Determinările efectuate la vița de vie cultivată pe nisipurile de la Dăbuleni, în perioada de creștere intensă a lăstarilor și ciorchinilor, la temperatura medie 25,5 ^{0}C, temperatura maximă 34,8 ^{0}C, intensitatea medie zilnică a procesului de fotosinteză a avut valoarea minimă la soiurile Fetească regală (11,58 μmoli $CO_2/m^2/s$) și Fetească albă (11,71 μmoli $CO_2/m^2/s$) și valoarea maximă la soiurile Cristina (19,99 μmoli $CO_2/m^2/s$) și Riesling de Rin (18,13 μmoli $CO_2/m^2/s$).

După Ticha ș.a. (1984), fotosinteza netă variază la plantele de *fasole* între 0,21 și 0,49 mg CO_2/m^2/sec. iar temperatura optimă pentru desfășurarea acestui proces este de 25 °C (Figura 2.5.).

În condiții de stres termic, procesul de fotosinteză este inhibat și aceasta se datorează scăderii activității enzimei ribulozo-1,5-difosfat carboxilazei/oxigenazei, inhibării transportului de electroni și a regenerării pirofosfatului (Sage și Kubien, 2007).

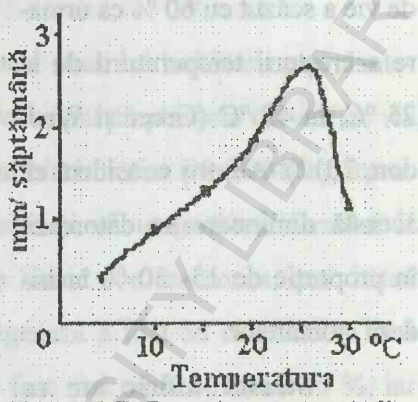


Fig. 2 5. Influența temperaturii asupra creșterii imgurului apical la tuberculii de cartof. (Sadler, 1961).

Expunerea plantulelor de *fasole* timp de 5 minute la temperatura de 42 °C a redus cantitatea de oxigen produsă în fotosinteză cu 50 - 95 %, iar la temperatura de 45 °C producerea de oxigen a fost anulată complet (Chasompongpan ș.a., 1990). Fluorescența clorofilei a fost mai puțin sensibilă la acțiunea temperaturii extreme. Prin aclimatizarea plantulelor de fasole la temperatura de 37 °C, efectul stresului produs de temperatura de 42 °C nu s-a manifestat, dar la 45 °C a avut loc reducerea semnificativă a efectului negativ.

Camejo ș.a. (2005) au determinat efectul stresului termic (2 ore la 45 °C) asupra a două genotipuri de *tomate* Campbell-28, sensibil la stres și Nagcarlang (spontan) rezistent. Rezultatele au evidențiat scăderea intensității procesului de fotosinteză la soiul Campbel-28, care este datorată diminuării activității ciclului Calvin și a activității fotosistemului II. Soiul Nagcarlang care este un genotip rezistent la stresul termic, nu a prezentat aceste modificări.

Slavceva, (1983) a constatat că temperaturile cuprinse între 40 - 45 °C, au determinat scăderea intensității procesului de fotosinteză, la plantele de *viță de vie,* cu 40 % (Figura 2.6.)

BUASM CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Rata medie a intensității fotosintezei frunzelor de viță de vie a scăzut cu 60 % ca urmare a creșterii temperaturii de la 25 °C, la 45 °C (Greer și Weedon, 2012). Autorii consideră că această diminuare se datorează în proporție de 15- 30 % închiderii stomatelor.

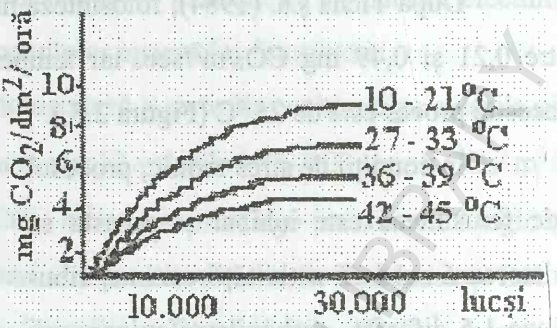


Fig. 2.6. Evoluția fotosintezei în funcție de temperatura aerului și intensitatea luminoasă la o concentrație de 0,003 - 0,005 % CO_2 (după Slavceva, 1983).

Stresul hidric are ca efect sinteza acidului abscisic care determină închiderea hidroactivă a stomatelor, iar eliminarea apei din frunze prin procesul de transpirație, contribuie la scăderea potențialului hidric al celulelor din frunze la valori mai mici de -1,2 ..-1,3 MPa (în funcție de specie), ceea ce determină închiderea hidropasivă a stomatelor. Acest proces are ca efect blocarea principalei căi de pătrundere în frunze a dioxidului de carbon, ceea ce contribuie la scăderea intensității procesului de fotosinteză. Intensitatea acestui proces este afectată înaintea procesului de respirație (Prasad ș.a., 1998).

Reducerea ratei de asimilare a dioxidului de carbon, ca urmare a scăderii conductibilității stomatelor, alături de diminuarea activității enzimelor ciclului Calvin și în special a enzimei cheie ribulozo-1,5-difosfat carboxilază/ oxigenază, sunt principalele căi prin care stresul hidric reduce activitatea fotosintetică a plantelor expuse la stresul hidric (Reddy ș.a., 2004).

O altă cale o reprezintă inhibarea procesului de sinteză a pigmenților clorofilieni. Seyed ș.a. (2011) au constatat că stresul hidric a determinat inhibarea a 4 etape din ciclul de sinteză a pigmenților clorofilieni, scăderea conținutului de clorofilă din frunze și a intensității procesului de fotosinteză.

Stresul hidric afectează și transportul electronilor spre fotosistemul I, datorită intensificării transportului ciclic între fotosistemul II și complexul cito-

crom b6 – citocrom f. În lipsa electronilor, fotosistemul I nu mai poate sintetiza ATP-ul şi NADPH-ul redus necesar pentru faza enzimatică a fotosintezei (Golding şi Johnson, 2003).

Numeroşi specialişti au urmărit efectele stresului hidric asupra plantelor horticole. Astfel, Maroco ş.a. (2000) au evidenţiat că plantele de *viţă de vie* expuse la condiţii de secetă au avut potenţialul hidric foliar (-0,97 MPa), intensitatea fotosintezei, conductibilitatea stomatelor şi eficienţa fotosistemului II mai mică decât a plantelor neexpuse la stres hidric. De asemenea, activitatea enzimei ribulozo-1,5-difosfat carboxilază/oxigenază a fost cu circa 32 % mai mică, regenerarea ribulozo-1,5-difosfatului a fost mai mică cu circa 45 %, iar rata de utilizare a triozofosfaţilor a fost cu circa 36 % mai mică decât cea de la plantele martor. În condiţii de saturare cu dioxid de carbon şi lumină, intensitatea procesului de fotosinteză a plantelor expuse la stresul hidric a fost mai mică cu 64 %, comparativ cu cele neexpuse la acest stres.

Stresul hidric a determinat după Peterlunger ş.a. (2000) scăderea intensităţii procesului de fotosinteză a *viţei de vie* din soiul Müller Thurgau de la 8,2 μmoli CO_2/ m^2/s la varianta martor la 0,8 μmoli CO_2/ m^2/ s, la varianta cu stres hidric.

În cazul plantelor de *cartof*, condiţii de stres hidric s-a acumulat în frunze un conţinut mare de glucide solubile care au determinat inhibarea procesului de fotosinteză (Basu ş.a., 1998)

Flexas ş.a. (2012) au analizat rezultatele cercetărilor efectuate în numeroase ţări şi au constatat că durata perioadei de după rehidratare în care intensitatea procesului de fotosinteză revine la normal, este dependentă de intensitatea stresului hidric. Astfel, dacă stresul hidric a fost puternic intensitatea fotosintezei a reprezentat 3 % din cea a martorului iar revenirea la normal a fotosintezei a avut loc după 18,2 zile de la rehidratare. La un stres hidric mediu, intensitatea fotosintezei a reprezentat 22,9 % din valoarea determinată la martor iar revenirea la normal a acestui proces după rehidratare a avut loc după 6,2 zile. Când

stresul hidric a fost scăzut, fotosinteza a diminuat reprezentat 36,1 % din cea a martorului iar revenirea la normal după rehidratare a avut loc după 4,3 zile.

Producerea de specii reactive de oxigen: peroxid de hidrogen (apă oxigenată), superoxid, hidroxil și oxigen singlet are loc în mod normal, în timpul desfășurării proceselor fiziologice din plante: fotosinteză, fotorespirație, respirație, β-oxidarea acizilor grași etc. (Figura 2.7.). Producerea lor se intensifică în condițiile stresului termo-hidric și a celui produs de intensitățile luminoase mari.

Apa oxigenată (H_2O_2) rezultă din procesul de fotosinteză, în urma procesului de fotoliză (reacția Hill), și este descompusă de catalază și peroxidază cu eliberarea unui proton, a unui electron și cu formarea unei molecule de apă.

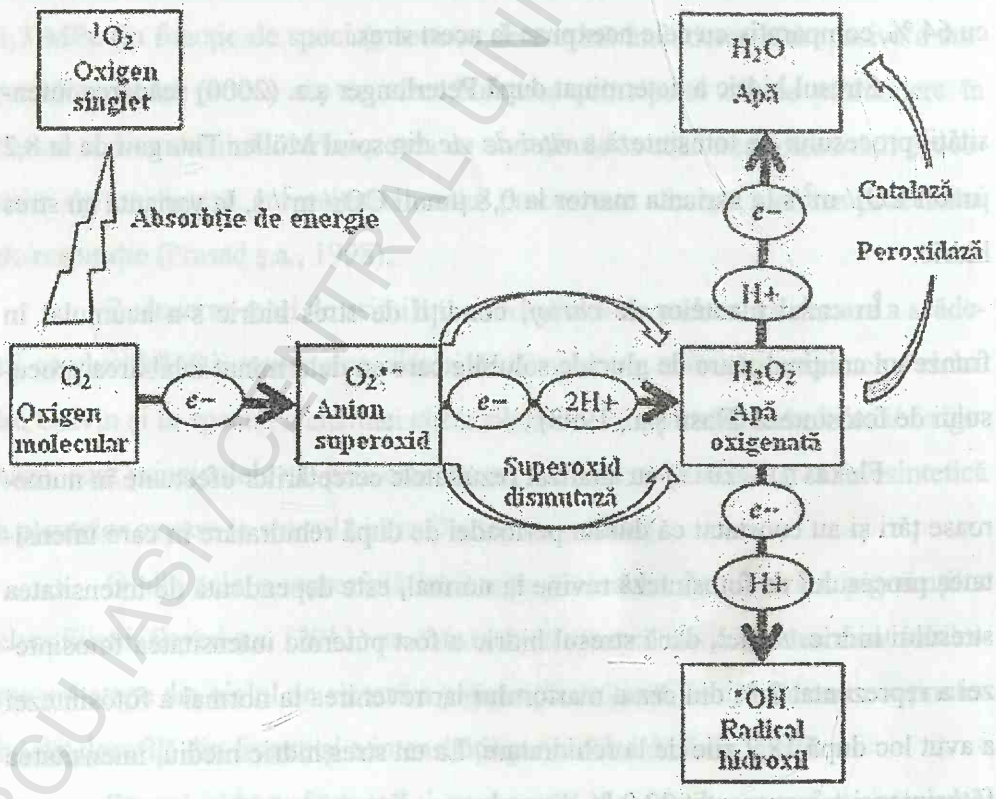


Fig. 2. 7.Schema producerii speciilor reactive de oxigen (Sharma ș.a., 2012)

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În condiții de stres termo-hidric, când stomatele sunt închise, aprovizionarea cu CO_2 este limitată, ceea ce afectează faza enzimatică a fotosintezei în care se utilizează nicotinamid adenin dinucleotidul redus și se regenerează forma oxidată. Faza de lumină și transportul electronilor se menține la o rată destul de ridicată, dar din lipsa de nicotinamid dinucleotid fosfat oxidat, scade capacitatea de preluare a electronilor proveniți de la fotosistemul I. și în aceste condiții, electronul este preluat de O_2, care formează oxigen singlet ($^1O_2$), cea mai reactivă specie de oxigen.

Stresul hidric este însoțit în numeroase cazuri și de temperaturi și intensități luminoase mari, implicate în producerea de electroni, care la nivelul feredoxinei și a plastochinonei, pot fi cedați oxigenului molecular, rezultând după Asada (1994) radicalul superoxid ($O_2^{\cdot -}$). Alături de acești radicali liberi, în numeroase procese fiziologice se formează radicali hidroxil ($^{\cdot}OH$).

Radicalii liberi prin acțiunea lor oxidativă pot să afecteze negativ celulele plantelor prin efectul oxidativ pe care îl au asupra lipidelor, proteinelor, pigmenților și a acizilor nucleici. Prin acțiunea lor asupra lipidelor membranale, pot determina formarea de alcooli, aldehide, alkani sau malondialdehidă, ultima substanță fiind considerată ca un marcher pentru aprecierea acțiunii negative a radicalilor liberi.

Sinteza hormonilor: auxine, gibereline, citochinine, acid abscisic, brassinosteroizi, acid jasmonic, se desfășoară în mod normal în plante, contribuind la reglarea proceselor fiziologice. În condițiile modificărilor climatice: temperatură ridicată și secetă, sinteza hormonilor se intensifică contribuind la reacțiile de aclimatizare (vezi cap. 4.7.).

Acidul abscisic care este hormonul inhibitor de creștere a plantelor, determină stimularea acestui proces în condiții de stres hidric, închiderea hidroactivă a stomatelor și sinteza unor substanțe protectoare: proteine LEA, substanțe și enzime antioxidante.

Un rol deosebit are și etilena, hormonul de stres al plantelor, care contribuie la abscisia frunzelor și la maturarea mai rapidă a plantelor în condiții de stres.

2.3. EFECTUL MODIFICĂRILOR CLIMATICE ASUPRA PROCESELOR DE BIODEGRADARE DIN PLANTELE HORTICOLE

Temperaturile ridicate și seceta induse de modificările climatice influențează activitatea enzimatică din plantele horticole și prin aceasta procesele de respirație și fotorespirație, alterarea structurii și compoziției membranelor plasmatice, conținutul în substanțe utile: substanțe de rezervă și pigmenți asimilatori.

Procesul de respiratie a plantelor horticole se dublează, în cazul creșterii temperaturii cu 10 oC (conform legii lui van Hoff). Depășirea unei limite specifice care variază în funcție de soi, afectează activitatea enzimatică și determină inhibarea acestui proces.

Creșterea temperaturii în limitele 0 – 35 °C sau 0 – 40 °C, în funcție de specie, determină intensificarea procesului de respirație, aceasta rămâne constantă în limitele 40 – 50 °C, după care scade.

Butler și Landsberg (1981) au determinat intensitatea procesului de respirație a unui *măr* tânăr, cu fructe și frunze, fără fructe și fără fructe și frunze, la diferite temperaturi. Rezultatele au evidențiat intensificarea procesului de respirație, pe măsura creșterii temperaturii iar cea mai mare creștere s-a determinat la pomii cu frunze.

Intensitatea procesului de respirație a plantelor de cartof crește odată cu temperatura până 50 °C (Hodson și Bryant, 2012). Dar, în cazul acestei specii, ca și în cazul tuturor speciilor cu tip fotosintetic C_3, la care în paralel cu procesul de respirație se desfășoară și cel de fotorespirație, creșterea temperaturii stimulează și mai mult biodegradareasubstanțelor de rezervă (Sarquis ș.a., 1996).

Byrla ş.a., (2001) au precizat că stresul hidric a determinat scăderea intensităţii procesului de respiraţie a rădăcinilor şi frunzelor de portocal, cultivat în condiţii de seră. În schimb Tănase (2013) a constatat că intensitatea medie a procesului de respiraţie a frunzelor provenite de la 5 soiuri de cartof cultivaţi în aceleaşi condiţii de temperatură, în câmp, dar într-un sol cu 50 % IUA, a fost mai mare cu 7,8 %, comparativ cu media determinată la aceleaşi soiuri cultivate la un regim hidric de 80 % IUA.

Intensitatea procesului de respiraţie a plantelor supuse la stresul hidric este mai puţin afectată, comparativ cu fotosinteza, dar este mai mică decât cea a plantelor cultivate pe soluri cu umiditatea normală.

Procesul de fotorespiraţie este considerat ca o ironie a evoluţiei, fotorespiraţia reprezintă un proces contrar fotosintezei, prin care o bună parte din carbonul fixat în procesul de fotosinteză, este eliminat sub formă de dioxid de carbon. Acest proces este caracteristic pentru plantele cu tip fotosintetic C3, iar cauza o reprezintă activitatea dublă a enzimei ribulozo-1,5-difosfat carboxilază/ oxigenază.

Stresul termo-hidric, determină prin temperaturile ridicate stimularea procesului de fotorespiraţie. Noctor ş.a. (2002) a apreciat că aproximativ 70 % din peroxidul de hidrogen produs în condiţii de stres hidric este generat de procesul de fotorespiraţie.

După Sharkey (1988), *viţa de vie* consumă în procesul de fotorespiraţie 15 până la 50 % din dioxidul de carbon asimilat.

Regina şi Carbonneau (1995) au determinat intensitatea procesului de fotorespiraţie la 7 soiuri de viţă de vie şi au constatat că pe măsură ce se măreşte nivelul radiaţiilor fotosintetic active (303, 580 şi 878 μmoli/ m^2/ s), intensitatea acestui proces creşte de la 2,0 μmoli CO_2/ m^2/ s, la 4,0 μmoli CO_2/ m^2/ s.

Procesul de fotorespiraţie se intensifică la temperaturi ridicate, fapt dovedit de rezultatele cercetărilor efectuate de Düring (1988), la *viţa de vie*. În

condițiile unei culturi de seră, consumul de carbon în procesul de fotorespirație a fost de 1,64 μmoli CO_2/ m^2/ s la soiul Trollinger, 1,46 μmoli CO_2 / m^2/ s la soiul Riesling de Rin și 1,43 μmoli O_2/ m^2/ s la soiul Phonix. Aceasta reprezintă 78,44 %, 80,89 % și respectiv 79,77 % din carbonul fixat în procesul de fotosinteză.

Fotorespirația a reprezentat 34,5 % din fotosinteza brută, în cazul soiului Riesling de Rin, 34,7 % la soiul Trollinger și 52,4 % la soiul Phoenix, cultivate în seră, în condiții de stres hidric (10 zile la 45 - 50 % din capacitatea solului pentru apă).

Zufferey ș.a. (2000) au determinat intensitatea acestui proces la soiurile Chasselas și Chardonnay, la care au constatat o corelație cu valoarea temperaturii. Intensitatea acestui proces a avut valori mai mici de 2,0 μmoli/ m^2/ s, la temperatura de 15 °C și a avut valoarea maximă de peste 5,0 μmoli/ m^2/ s, la temperaturi care au depășit 32 °C.

Creșterea concentrației de dioxid de carbon din mediul ambiant a determinat scăderea intensității procesului de fotorespirație. Astfel, într-o atmosferă cu 2 % O_2 și 400 ppm CO_2, intensitatea fotorespirației la plantele de viță de vie a scăzut cu 69 % (Düring, 1988).

Perry ș.a. (1983) consideră că una din căile prin care se poate crește activitatea procesului de fotosinteză și productivitatea plantelor cu tip fotosintetic C3 este de inhibare sau de eliminare a procesului de fotorespirație. Până în prezent nu s-a găsit însă o cale prin care să se blocheze activitatea oxigenazică a enzimei ribulozo-1,5-difosfat carboxilază/ oxigenază.

Modificarea structurii și compoziției membranelor celulare se produce în timpul stresului termic, dar se cunoaște foarte puțin despre natura acestor modificări.

Membranele celulare a plantelor originale din zonele temperate sunt alcătuite din fosfolipide, care conțin acizi grași nesaturați. În condiții de stres

termic, se intensifică activitatea desaturazelor care înlocuiesc doi atomi de hidrogen din molecula acizilor graşi, cu o dublă legătură (Merewitz şi Huangl, 2007). Această modificare a stării lipidelor din membrane este sesizată de senzori şi transmisă prin cascada de semnale spre nucleu, unde se codifică reacţiile de aclimatizare.

Brown şi London (1998) au constatat că prima consecinţă a creşterii temperaturii din mediul ambiant, o reprezintă modificarea homeostaziei membranelor celulare. Sub acţiunea acestui factor are loc creşterea proporţiei de lipide dispuse hexagonal în bistratul membranal. Modificările de natură fizică şi chimică care au loc în membranele celulare, influenţează numeroase procese care se desfăşoară la nivelul acestora: recepţia şi transmiterea semnalelor, transportul substanţelor prin membrane, exo şi endopinocitoza etc.

Ibrahim şi Quick (2001) menţionează că stresul termic modifică şi stabilitatea termică a membranelor plasmatice, care poate fi măsurată prin viteza de difuziune a electroliţilor (electrolyte leakage), din celulele expuse la acest factor de stres.

Stresul termic poate să determine şi modificarea compoziţiei membranelor tilacoide din cloroplaste, inhibând pe această cale procesul de fotosinteză (Kreslavski ş.a., 2007).

Plantele rezistente la stresul hidric se caracterizează prin prezenţa în membranele plasmatice a unei cantităţi mai mici de monogalactozildiacil glicerol, printr-o valoare mai mică a raportului monogalactozildiacil glicerol/ digalactozildiacil glicerol şi printr-un conţinut mai mic de acizi graşi nesaturaţi (acid linolenic).

Deshidratarea celulelor determină creşterea conţinutului de monogalactozildiacil-glicerol şi a valorii raportului monogalactozildiacil-glicerol/ digalactozildiacilglicerol (Gounaris ş.a., 1983) iar o proporţie ridicată de digalactozildiacil glicerol în lipidele membranale ale cloroplastelor, influenţează permeabilitatea acestora. Navari-Izzo ş.a. (1999), menţionează că în condiţii de

BUASM CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

stres hidric, monogalactozildiacil glicerolul are tendința de a-și schimba configurația, din bistrat în hexagon, modificând fluiditatea și permeabilitatea membranelor. De asemenea, lipidele membranale suferă o schimbare de fază, prin trecerea de la structura lichid cristalină, la cea de gel, care este corelată cu scăderea permeabilității acestora.

Navari-Izzo ș.a. (1999) menționează că radicalii hidroperoxid (HOO^{*}), precum și radicalii hidroxil ($^{*}OH$), pot să inițieze peroxidarea lipidelor iar peroxizii lipidici rezultați, se pot descompune, cu formarea de substanțe cu efect puternic citotoxic.

Stresul hidric, cât și radicalii liberi determină creșterea gradului de nesaturare a lipidelor membranale, legătura esterică a fosfolipidelor se rupe prin adiția unui radical superoxid, rezultând acizi grași liberi, care rămân în membrană pe care o destabilizează și îi modifică fluiditatea.

Starea fizică a membranelor celulare este reglată și de sterolii liberi, care stabilizează membranele. În condiții de stres hidric moderat, nu s-au constatat modificări evidente ale conținutului de steroli.

În condițiile în care are loc rehidratarea celulelor, procesul de refacere a membranelor este mai lent. În aceste condiții lipidele membranale își refac structura lor lichid cristalină, cantitatea de monogalactozildiacil glicerol din membrane scade, iar activitatea enzimelor antioxidante se intensifică.

Modificarea structurii și compoziției proteinelor din celulele plantelor horticole se produce în mod frecvent, în timpul expunerii acestora la acțiunea temperaturilor ridicate și a secetei. Efectele acestui proces sunt multiple, datorită faptului că proteinele sunt implicate ca substanțe active în toate procesele metabolice din plante, dar au rol și în transportul substanțelor în celule și constituie importante substanțe de rezervă.

Funcțiile active ale proteinelor sunt determinate de conformația tridimensională a acestora, în urma plierii lanțurilor de polipeptide. În condiții de temperaturi ridicate, proteinele suferă modificări calitative și cantitative.

Modificările calitative constau în denaturarea structurii proteinelor sub acțiunea stresului termic și sintezei de noi proteine cu rol de protecție. Proteinele denaturate își modifică structura terțiară și prin aceasta își pierd proprietățile biologice caracteristice. În final formează complexe insolubile iar în condiții de stres termic sever, are loc precipitarea ireversibilă a acestora și moartea celulelor. Modificările structurale induse de stresul mai puțin sever sunt reversibile, acestea își pot reface structura terțiară.

Modificările cantitative determinate de stresul termo-hidric se datorează inhibării procesului de sinteză a proteinelor specifice plantelor respective, precum și stimulării procesului de sinteză de noi proteine și enzime cu rol de protecție. Astfel, plantele adaptate la stresul termic sintetizează proteine de șoc termic (Harndahl ș.a., 1999), care stabilizează structura terțiară a proteinelor, sau împiedicând agregarea ireversibilă a proteinelor denaturate (Neumann ș.a., 1987). În același timp, proteinele denaturate sunt menținute într-o stare, în care se poate reface structura lor terțiară (pot fi repliate). Dacă proteinele au format complexe insolubile, proteinele de șoc termic au rolul de a resolubiliza aceste agregate, de a favoriza replierea lor, recâștigându-și astfel proprietățile biologice caracteristice (Lee și Vierling, 2000).

Stresul hidric determină modificarea expresiei genelor care codifică sinteza unor noi proteine cu rol de protecție, așa cum sunt: osmotinul și proteinele LEA.

Modificarea conținutului de pigmenți asimilatori din frunze se manifestă în mod frecvent, sub influența stresului termo-hidric.

Lisar ș.a. (2012) au constatat că în aceste condiții, scăderea conținutului de clorofilă este determinată de inhibarea a patru etape ale ciclului de biosinteză a acestui pigment: formarea acidului 5-aminolevulinic, condensarea acestui compus în porfobilinogen, conversia protoclorofilidelor în clorofilide și sinteza clorofilei a și b. Simultan cu scăderea conținutului de clorofilă are loc creșterea

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

conținutului de xantofile, zeaxantină și anteraxantină pigmenți implicați în ciclul xantofilei care are rol inhibitor în producerea de specii reactive de oxige.

Aien ș.a. (2011) au precizat că temperaturile ridicate au determinat scăderea conținutului de pigmenți clorofilieni și diminuarea raportului clorofilă a/b și clorofilă/caroteni din frunzele de cartof.

2.4. EFECTELE MODIFICĂRILOR CLIMATICE ASUPRA REGIMULUI DE APĂ AL PLANTELOR HORTICOLE

Temperaturile ridicate și seceta induse de modificările climatice afectează regimul de apă al plantelor horticole influențând procesele de absorbție, transport, eliminare, precum și eficiența utilizării apei.

Absorbtia apei și a substanțelor dizolvate este esențială pentru desfășurarea proceselor fiziologice din plantele, pentru creșterea acestora și pentru producția care se obține.

Absorbția acestor substanțe este influențată de morfologia rădăcinii și de intensitatea stresului hidric. Astfel, *morcovul* are o rădăcină pivotantă din care pleacă 4 rânduri de rădăcini laterale care pot ajunge până la adâncimea de 1,0 – 1,5 m. *Căpșunul* are răspândite majoritatea rădăcinilor la adâncimea de 10 – 25 cm, dar pot să ajungă până la 50 cm iar lateral până la 30 – 40 cm. Cele mai multe rădăcini de *măr* sunt răspândite la adâncimea de 0,25 – 1,0 m, ajung până la 3,0 m și ocupă o suprafață de 15 – 20 m^2. La bulbii de *ceapă*, rădăcina ajunge numai până la adâncimea de 20 cm iar plantele de tomate își ramifică rădăcinile la adâncimea de 30 - 50 cm, dar ajung până la 60 – 80 cm și se extind pe o rază de 50 – 60 cm.

Stresul-hidric își manifestă efectul asupra nutriției plantelor în mod direct și indirect. Astfel, lipsa apei din sol inhibă procesul de creștere a rădăcinilor și reduce numărul perilor absorbanți. În același timp, seceta determină concentrarea soluției solului care poate deveni izotonică sau hipertonică, ceea ce împi-

edică absorbția apei de către rădăcini. Concentrarea soluției solului are drept urmare și acumularea sodiului, care inhibă absorbția potasiului, calciului și a magneziului datorită competiției care are loc la nivelul proteinelor transportoare. În același timp determină închiderea stomatelor, inhibarea procesului de transpirație și scăderea vitezei de transport a substanțelor minerale din rădăcină. Acumularea acestora la nivelul rădăcinii are un efect inhibitor asupra transportorilor proteici (pompelor de ioni) din plasmalema perilor absorbanți, prin aceasta scăzând ritmul de absorbție a substanțelor minerale. Inhibarea procesului de respirație de către stresul hidric reduce cantitatea de ATP produsă în mitocondrii, diminuând cantitatea de energie biochimică necesară pentru transportul activ al elementelor minerale în rădăcinile plantelor.

Stresul termo hidric influențează și activitatea microorganismelor din sol, respectiv descompunerea substanțelor organice din sol și procesul de nitrificare, afectează solubilizarea, transportul substanțele minerale și schimbul de cationi dintre sol și soluția solului.

În condiții de stres hidric, plantele de *Musa acuminate* acumulează în frunze o cantitate de magneziu mai mare cu 28 %, comparativ cu varianta martor. Mahouachi (2009) consideră că lipsa acestui element din frunze ar determina scăderea intensității procesului de fotosinteză.

Stresul hidric inhibă absorbția calciului din sol influențând homeostazia celulară, cât și absorbția potasiului, principalul ion implicat în realizarea potențialului osmotic și în menținerea turgescenței celulelor (Seyed ș.a., 1011).

Plantele de *cartof* cultivate în condiții de stres hidric au un conținut mai mic de calciu în frunze, din cauză că plantele folosesc mai puțină apă pentru sinteza substanțelor organice (eficiența apei) și pentru-că acest element este transportat exclusiv de către apă. În anii secetoși, concentrația de calciu din frunze a variat între 0,5 și 2,0 %, iar în anii ploioși a fost mai mare decât dublul acesteia (Vos și Haverkort, 2007).

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Rădăcinile şi tulpinile plantulelor de *tomate* cultivate în condiţii de stres hidric, au un conţinut mai mic de azot şi fosfor, comparativ cu varianta martor (Subramanian ş.a., 2006).

După Hale şi Orcutt (1987) în condiţii de stres hidric, plantele îşi concentrează sucul celular prin biosinteza de substanţe osmotic activ, care determină scăderea potenţialului hidric foliar cu -0,1 .. -0,5 MPa/ zi. Aceasta permite plantelor să absoarbă apa din soluţia concentrată a solului, printr-un proces de endosmoză.

Nutriţia plantelor este influenţată şi de efectul pe care îl are stresul hidric asupra micorizelor.

Micorizele au un rol deosebit în nutriţia plantelor, rol ce se manifestă şi în condiţii de stres hidric. Astfel, Subramanian ş.a. (2006) au studiat efectul colonizării rădăcinilor cu ciuperca *Glomis intraradices* şi formarea micorizelor arbusculare la plantele de tomate. Rezultatele au evidenţiat că micorizele au îmbunătăţit aprovizionarea plantelor cu substanţe nutritive şi apă, au stimulat procesul de creştere şi dezvoltare şi a îmbunătăţit calitatea fructelor. Efectul pozitiv al micorizelor a crescut pe măsură ce a sporit intensitatea stresului hidric. Astfel, producţia de tomate a fost mai mare faţă de varianta martor (fără micorize) cu 24,7 % în condiţii de stres sever, cu 23,1 % în stres moderat, cu 16,2 % în stres mijlociu şi cu 12,3 % în condiţii de stres uşor. Fructele au avut un conţinut mai mare de acid ascorbic şi substanţă uscată solubilă.

Lobato ş.a. (2013) au constatat că inocularea rădăcinilor plantelor de fasole cu *Bradyrhizobium* a asigurat în condiţii de stres termo-hidric o mai bună aprovizionare cu apă şi substanţe minerale, un număr mai mare de frunze şi o acumulare mai mare de substanţă uscată şi proteine.

Transportul apei şi a substanţelor dizolvate prin plantele horticole **se realizează** prin vasele lemnoase şi liberiene sub forma sevei brute şi respectiv a sevei elaborate. Debitul de sevă transportat este dependent în principal de diametrul vaselor conducătoare. Conform legii lui Poiseuille, micşorarea de 2 ori a

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

razei acestora, determină scăderea debitului de 16 ori. Viteza de transport variază între 1,0 m/oră la tutun şi 1,5 – 5,0 m/oră la fasole (Richards şi Passioura, 1981) şi este dependentă de diametrul vaselor conducătoare, vâscozitatea sevei şi presiunea exercitată de forţele care participă la acest proces.

Transportul apei de la rădăcină spre frunze se produce ca urmare a acţiunii mai multor forţe (presiunea radiculară, forţa de aspiraţie a frunzelor, forţa de capilaritate, de coeziune şi adeziune) care sunt influenţate de stresul termo-hidric.

Presiunea radiculară se realizează pe seama consumului de energie (ATP), fiind o presiune activă şi pozitivă şi se poate evidenţia mai ales primăvara, când determină plânsul plantelor. Forţa de aspiraţie a frunzelor rezultă ca urmare a desfăşurării procesului de transpiraţie şi generează o presiune de aspiraţie care absoarbe în mod pasiv seva brută, prin vasele lemnoase. Aceasta reprezintă principala forţă care determină transportul ascendent al sevei brute şi acţionează atâta timp cât frunzele îşi menţin starea fiziologică normală. Ascensiunea sevei brute este favorizată şi de forţele de capilaritate, coeziune şi adeziune.

Transportul apei prin plantele expuse la stresul termo hidric este influenţat de modificările pe care le suferă conductivitatea hidraulică a ţesuturilor. Aceasta este influenţată de numeroşi factori.

Cercetările efectuate de North and Nobel (1991) au evidenţiat scăderea valorii conductivităţii hidraulice din rădăcinile plantelor expuse la stresul hidric iar Alsina et al. (2011) au constatat că rădăcinile clonelor de viţă de vie tolerante la secetă, au avut o conductivitate hidraulică mai mare în timpul verii, corelată cu o producţie sporită.

Menţinerea intactă a coloanei de lichid în vasele lemnoase, se datorează **forţei de coeziune** dintre moleculele soluţiei. În condiţii de stres termohidric, când absorbţia apei din solul este scăzută şi pierderea apei din plantă este mărită, prin porii din pereţii vaselor lemnoase este aspirat aerul din celulele sau spaţiile învecinate. Ca urmare, se formează bule de aer care întrerup coloana de sevă brută. Taiz şi Zeiger (1991) consideră că prezenţa bulelor de aer în vasele

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

lemnoase creşte rezistenţa hidraulică, reduce viteza de transport a sevei brute şi limitează transpiraţia în timpul stresului hidric..

Formarea bulelor de aer în condiţii de stres hidric, este evitată de către plante prin creşterea numărului de acvaporine din rădăcini, ceea ce facilitează absorbţia apei şi permite menţinerea valorii potenţialului hidric din tulpini sub pragul de formare a bulelor de aer. Embolia nu afectează de obicei toate vasele lemnoase dintr-un pom şi din această cauză nu se produce blocarea completă a transportului sevei brute.

Procesul de transpiraţie este dependent atât de nivelul temperaturii, cât şi de conţinutul de apă al solului şi plantei. Creşterea moderată a temperaturii stimulează procesul de transpiraţie al plantelor şi deshidratarea celulelor. Astfel, creşterea temperaturii până la 25 °C, în prezenţa stomatelor deschise, a determinat scăderea rezistenţei ţesuturilor la transportul vaporilor de apă şi realizarea intensităţii maxime a acestui proces. Temperaturile mai mari de 30 °C au determinat deshidratarea stomatelor şi închiderea hidropasivă a acestora, ceea ce a avut ca urmare creşterea rezistenţei ţesuturilor şi scăderea ratei de difuzie a vaporilor de apă prin acestea.

În condiţii normale de temperatură şi umiditate, potenţialul hidric al celulelor se reface în timpul nopţii, astfel încât dimineaţa celulele ajung la turgescenţa normală, iar simptomele de ofilire dispar. Temperaturile ridicate şi seceta nu permit ca în timpul nopţii să se refacă în totalitate potenţialul hidric al celulelor, astfel încât dimineaţa se manifestă încă simptome de ofilire, iar stomatele rămân închise.

Lipsa apei din sol determină creşterea concentraţiei de săruri din soluţia solului, ceea ce are efect stresant asupra celulelor din rădăcinile plantelor. Ca urmare are loc sinteza acidului abscisic din carotenoizi cu 40 de atomi de carbon, care este transportat sub formă glucozidică spre frunze, unde este hidrolizat şi acţionează ca un semnal pentru **închiderea hidroactivă a stomatelor**. În condiţiile stresului hidric, conţinutul în acid abscisic al celulelor stomatelor

creşte de 100 de ori. Salisbury şi Ross (1991) au precizat că scăderea conţinutului de apă din celule cu 10 %, conduce la creşterea conţinutului de acid abscisic din stomate de 20 de ori.

Assman şi Shimazaki (1999) au constatat că acidul abscisic produce descompunerea inozitolfosfolipidelor din celulele de gardă şi eliberarea inozitolfosfatului. Acesta are două efecte: activează pe de o parte transportorii de calciu din plasmalemă şi determină acumularea acestuia în citoplasmă, iar pe de altă parte inhibă transportorii de protoni din plasmalemă. Schroeder şi Hagiwara (1990) au precizat că acidul abscisic a determinat deschiderea canalelor pentru calciu în 2 secunde, calciul reprezentând un mesager secundar (Chasan, 1995), care poate determina inhibarea activităţii pompelor de protoni şi depolarizarea membranelor plasmatice (Ishikawa ş.a., 1983), ceea ce are drept urmare deschiderea canalelor pentru potasiu şi anioni, pierderea turgescenţei şi închiderea hidroactivă a stomatelor.

Închiderea stomatelor este un indicator important al răspunsului plantelor la stres termo-hidric (Hsiao, 1973). Acest răspuns poate fi pus în evidenţă şi prin determinarea conductibilităţii hidrice a stomatelor, rezistenţei stomatelor, sau a potenţialului hidric foliar.

Valoarea potenţialului hidric foliar la care are loc închiderea stomatelor, este considerată ca "valoare prag", care variază în funcţie de specie între -12 şi -16 bari (Lakso, 1979). Determinările efectuate de Warrit şi Thrope (1977), la *măr*, soiul Golden Delicious, au evidenţiat că potenţialul hidric foliar a variat între -18 şi -22 bari şi în cazul unor frunze izolate s-a determinat un potenţial de -29 bari.

Lakso (1979) a constatat că în perioada mai-septembrie, potenţialul hidric care determină închiderea stomatelor a scăzut până la aproximativ -25 bari, indicând creşterea rezistenţei stomatelor la stresul hidric. Hsiao (1973) consideră că acumularea de substanţă uscată solubilă în celulele frunzelor, reduce potenţialul hidric foliar, frunzele devin mai rezistente la scăderea turgescenţei şi la închiderea stomatelor.

Legătura dintre apa accesibilă din sol şi potenţialul hidric foliar a fost dovedită de Dettori (1985). Cultivând *piersici* în sol cu 90 %, 60 % şi 30 % apă accesibilă, a constatat că potenţialul hidric foliar a scăzut la - 0,9, - 1,1 şi respectiv la - 2,3 MPa.

Efectul pozitiv al închiderii stomatelor, pentru limitarea pierderilor de apă din plante, are şi un efect negativ, prin reducerea ritmului de penetrare a dioxidului de carbon, care este necesar pentru procesul de fotosinteză.

Alleweldt ş.a. (1982) au studiat influenţa temperaturii asupra procesului de transpiraţie la vita de vie. Din datele obţinute a rezultat că intensitatea procesului de transpiraţie creşte aproape liniar la temperaturi cuprinse între 10 şi 30 °C .

Dettori (1985) a constatat că reducerea cantităţii de apă accesibilă din sol de la 90 %, la 60 % şi 30 %, a determinat scăderea intensităţii procesului de transpiraţie de la 16,5 g /m^2/oră, la 12,3 g şi respectiv 4,1 g /m^2/oră.

După Boyer (1968), în condiţii de stres hidric moderat, intensitatea procesului de transpiraţie scade mai mult, comparativ cu procesul de fotosinteză. Aceasta se datorează faptului că stomatele de pe partea inferioară a frunzelor prin care are loc procesul de transpiraţie se închid mai repede decât cele de pe partea superioară a frunzelor prin care la unele genotipuri, au loc schimburile gazoase. Ca urmare, procesul de transpiraţie este inhibat, în timp ce procesul de fotosinteză poate continua, în condiţiile unui stres moderat. În aceste condiţii cantitatea de substanţă uscată produsă, pentru 1 litru de apă eliminat prin transpiraţie creşte, tendinţă ce se accentuează în condiţiile unui stres hidric accentuat. Scăderea intensităţii procesului de fotosinteză în condiţiile stresului hidric se datorează în principal închiderii hidroactive a stomatelor.

Reglarea intensităţii procesului de transpiraţie se realizează pe mai multe căi: prin modificarea gradului de deschidere al stomatelor, prin modificarea suprafeţei de transpiraţie, a unghiului sub care se recepţionează radiaţiile solare etc.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Rezultatele privind influența stresului termo-hidric asupra numărului de stomate nu sunt concludente, acestea variind în funcție de specie, soi și intensitatea stresului.

Reglarea pierderii apei prin modificarea suprafeței foliare se realizează prin reducerea numărului de frunze noi care se formează, scăderea ritmului de creștere a acestora și intensificarea procesului de abscisie.

Intensitatea procesului de transpirație este influențat de specie și caracteristicile specifice ale soiurilor. Astfel, intensitatea medie a procesului de transpirație a viței de vie, determinată la ora 9, 12 și 15, în condițiile de stres termic și hidric din zona nisipurilor de la Dăbuleni, a variat între 1,83 mmoli $H_2O/m^2/s$ la soiul Chasselas d'orè și 4,80 mmoli $H_2O/m^2/s$ la soiul Băbească neagră.

Culturile de pepeni verzi rezistă la seceta atmosferică și pedologică din lunile iulie-august fapt pentru care acestea s-au extins mult în zona nisipurilor de la Dăbuleni. În condițiile din această zonă (temperatura aerului 42,5 °C umiditatea atmosferică sub 20 %) intensitatea procesului de transpirație a fost cuprinsă între 3,26 mmoli $H_2O/m^2/s$ la soiul De Dăbuleni și 6,76 milimoli $H_2O/m^2/s$ la hibridul Talisman F1.

La vinete, care sunt plante iubitoare de căldura și mari consumatoare de apă, intensitatea procesului de transpirație a înregistrat valori maxime la ora 15, fiind cuprinsă între 4,28-6,61 mmoli $H_2O/m^2/s$.

Intensitatea procesului de transpirație este influențată și de procesul de ofilire a frunzelor, care determină modificarea unghiului de inserție a frunzelor față de tulpină, scăderea cantității de radiații calorice recepționate corelat cu diminuarea intensității transpirației.

Potențialului hidric foliar este "motorul" care generează forța de aspirație a frunzelor; cu cât valoarea acestuia este mai mică, cu atât forța de aspirație a frunzelor este mai mare.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Potențialul hidric foliar suferă variații diurne sau periodice, în funcție de intensitatea procesului de transpirație și de conținutul de apă din sol. Natali ș.a. (1983) a determinat variația diurnă a acestui parametru fiziologic și a constatat că la ora 5,00 dimineața, potențialul hidric al frunzelor de *piersic* a avut valoarea maximă: -5,00 bari (1 bar = 0986842 atm.). Intensificarea procesului de transpirație, în timpul zilei a determinat concentrarea soluției și sucului celular pe parcursul dimineții, astfel încât la amiază, potențialul hidric foliar a avut valoarea minimă de -22 bari (Figura 2.8.)

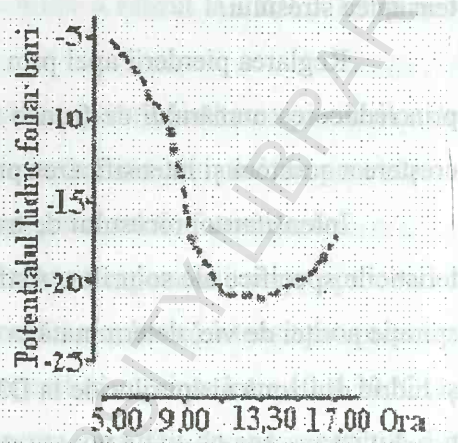


Fig.2.8. Variația diurnă a potențialului hidric foliar din frunzele de piersic (după Natali ș.a., 1983)

Seceta are numeroase efecte, atât asupra solului, cât și asupra plantelor. Unul dintre aceste efecte se manifestă similar, atât asupra plantelor, cât si asupra solului și constă în concentrarea soluției solului și a sucului celular. Seceta și evapotranspirația determină concentrarea soluției solului, care devine hipertonică față de sucul celular, ceea ce împiedică absorbția apei de către plante. În același timp, pierderea apei din plante prin transpirație, conduce la concentrarea sucului celular care devine hipertonic față de soluția solului, astfel încât plantele pot absorbi apa din sol, până soluțiile devin izotonice. În cazul plantelor adaptate la stresul hidric, concentrarea sucului celular se poate datora și sintezei de noi substanțe osmotic active: glucide solubile, prolină, glicin betaină etc.

Determinările efectuate de Escobar-Gutierrez ș.a. (1998) au precizat că stresul hidric mediu a determinat scăderea conținutului relativ de apă din frunze de *piersic* de la 74 %, la 70 %, iar în condiții de stres hidric sever, conținutul relativ de apă a scăzut la 67 %. Concomitent, potențialul hidric a crescut de la -0,8 MPa, la -1,4 MPa și respectiv -1,9 MPa (1 MPa = 10 bari).

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Rezistența soiurilor de *viță de vie* la secetă implică mecanisme diferite, dar, în general prin modificarea activității metabolice plantele urmăresc să mențină sau să amelioreze starea hidrică a celulelor. Düring și Scienza (1980) clasifică soiurile de viță de vie în funcție de potențialul hidric foliar care generează forța de absorbție a apei spre frunze și care indică totodată și umiditatea solului la care se manifestă simptomele de ofilire. Din acest punct de vedere soiurile de viță de vie pot fi clasificate astfel:

– soiuri cu rezistență foliară mică la secetă, cu potențialul hidric cuprins între – 5,3 și – 7,4 bari: *Riesling, Muscat blanc, Barbera*;

– soiuri cu rezistență foliară medie la secetă, cu potențialul hidric cuprins între – 8,3 și – 9,6 bari: *Pinot noir, Müller Thurgau, Muscat de Alexandria și Sauvignon*;

– soiuri cu rezistență foliară mare la secetă, cu potențialul hidric cuprins între – 11,5 și – 13,8 bari: *Chasselas, Flame Seedles și Silvaner.*

Düring (1987) a constatat că soiul *Riesling,* tolerant la secetă, are o elasticitate mare a țesuturilor din frunze. Acestea își pierd turgescența doar după ce au eliminat cantități mari de apă, ceea ce împiedică scăderea producției în etapele timpurii ale procesului de ofilire. După stresuri hidrice repetate, acest soi realizează o ajustare osmotică, prin acumularea de substanțe osmotic active, care mențin turgescența celulelor. În aceste condiții, conductibilitatea scăzută a frunzelor este corelată cu conductibilitatea scăzută a stomatelor.

Vița de vie este capabilă să-și ajusteze potențialul osmotic, când este expusă la stres hidric, prin acumularea glucozei și a fructozei. De asemenea, are loc și hidroliza amidonului, în urma căruia rezultă noi molecule de glucoză, precum și modificarea conținutului în aminoacizi (Düring, 1984). Patakas și Noitsakis (2001) au constatat că la frunzele plantelor de viță de vie expuse stresului hidric s-a constatat scăderea valorii potențialului osmotic, ceea ce indică existența unui proces de ajustare osmotică. Acesta se realizează pe baza hidrolizei amidonului și acumularea hexozelor rezultate precum și a substanțelor minerale. Acumularea

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

acestor substanțe și deci adaptarea la stresul hidric este mai evidentă în cazul frunzelor mature, comparativ cu cele tinere. Din analizele efectuate nu au rezultat modificări ale conținutului de aminoacizi în, condiții de stres hidric.

Ajustarea osmotică se realizează în mod diferit, în funcție de specie, prin acumularea de acumularea de substanțe osmotic active, așa cum sunt: glucidele (glucoza, fructoza, zaharoza, trehaloză, fructani), amino acizii (prolina, serină, asparagină), acizii organici (oxalat, malat), aminele (glicin betaina) și poliolii (manitol, sorbitol, glicerol, mioinozitol). Acumularea acestor substanțe determină concentrarea sucului celular, scăderea potențialului osmotic, ceea ce asigură plantelor capacitatea de a absorbi cantitățile mici de apă din solurile aride.

Basu ș.a. (1998) au constatat că în condiții de stres hidric, potențialul hidric foliar al plantelor de cartof a scăzut de la -0,2 MPa, la -1,0 MPa iar Zamboni și Iacono (1988) menționează că plantele se protejează de efectele secetei prin reducerea creșterii frunzelor, sporirea rezistenței stomatelor și diminuarea potențialului hidric prin sinteza de substanțe osmotic active.

Eficiența utilizării apei este factorul cheie care determină productivitatea plantelor în condiții de secetă este eficiența utilizării apei (WUE) de către acestea. Acest indicator reprezintă raportul dintre substanța uscată acumulată și apa folosită pentru realizarea acesteia, sau în termeni fiziologici, raportul dintre numărul de molecule de CO_2 asimilate prin procesul de fotosinteză și numărul de molecule de apă eliminată prin transpirație de către plantă.

Eficiența utilizării apei este mai mare la plantele cu tip fotosintetic C_4 (porumb), comparativ cu cele cu tip fotosintetic C_3 (Amudha și Balasubrami, 2011).

În timpul verii, eficiența utilizării apei de către soiurile de *struguri* pentru vin din Portugalia variază între 20 și 80 μmol CO_2/mol H_2O, dar în alte zone din această țară, poate ajunge la 100 μmol CO_2/mol H_2O (Moutinho-Pereira ș.a.,. 2007).

Bacelar ş.a. (2007) a constatat că plantele de măslin, cultivate în condiţii de stres hidric, au valoarea maximă a coeficientului de utilizare a apei dimineaţa (110 μmol CO_2/mol H_2O) şi valoarea minimă, la amiază (80 μmol CO_2/mol H_2O).

Eficienţa utilizării apei de către plantele de *tomate* cultivate în condiţii de stres hidric se datorează în principal scăderii intensităţii procesului de respiraţie (Subramanian ş.a., 2006). Totuşi, la plantele de *cartof*, seceta din etapa timpurie de vegetaţie a redus substanţial valoarea acestui indice (Costa ş.a., 1997).

Prin aclimatizarea plantelor la condiţii de stres se poate realiza o mai bună eficienţă a utilizării apei.

2.5. EFECTELE MODIFICĂRILOR CLIMATICE ASUPRA PRODUCŢIEI ŞI CALITĂŢII ACESTEIA

Temperaturile ridicate şi seceta generată de modificările climatice influenţează procesele metabolice din plantele horticole şi prin aceasta acumularea substanţelor de rezervă în plantele horticole, producţia obţinută şi calitatea acesteia.

Acumularea substanţelor de rezervă în plantele horticole este influenţată negativ de stresul termic şi hidric prin efectele pe care acesta le are asupra ritmului de senescenţă a frunzelor şi intensităţii procesului de fotosinteză. Astfel, stresul-termo hidric a determinat limitarea aprovizionării cu substanţe de rezervă a seminţelor de mazăre, scurtarea perioadei de acumulare a acestora, formarea unor seminţe cu dimensiuni mici, într-o perioadă de maturare mai scurtă (Prasad ş.a., 1998).

Okamoto ş.a. (2004) au precizat că expunerea plantelor de *viţă de vie* la stres hidric timp de 15 zile, în perioada de pârgă, a determinat maturarea mai rapidă a strugurilor cu 10 zile, iar conţinutul în substanţă uscată solubilă, gluco-

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ză, fructoză şi acid malic a fost mai mic comparativ cu al strugurilor din varianta martor şi a celor din varianta cu stres tardiv. Conţinutul de aminoacizi şi în special de prolină, a fost semnificativ mai mare în bacele de pe plantele expuse la stresul termic.

Producţia plantelor horticole este rezultatul desfăşurării unui complex de procese fiziologo-biochimice specifice: nutriţie, fotosinteză, respiraţie, transpiraţie etc., aflate în permanenţă sub influenţa factorilor din mediul ambiant. Stresul termic şi hidric influenţează tot acest lanţ de procese, rezultatul final concretizându-se în producţia şi calitatea acesteia.

Temperatura zi/noapte ridicată (31/29 °C) a determinat reducerea acumulării de substanţă uscată în tuberculii de cartof cu 44 – 72 %, comparativ cu temperatura de 19/17 °C şi în consecinţă diminuarea producţiei (Lafta şi Lorenzen, 1995). Ţinând cont de predicţiile referitoare la încălzirea globală din următorii 60 de ani, Hijmans (2003) a prevăzut că pierderile din producţia de *cartofi* va ajunge la 18 – 32 %, dar dacă se vor lua măsuri tehnologice corespunzătoare (plantarea la moment optim, utilizare de soiuri rezistente la stres etc.) pierderile de producţie se vor putea menţine la 9 – 18 % din recoltă.

Temperaturile din perioada de la începutul înfloririi şi maturitate, care depăşesc 25,6 °C, pot să determine scăderea producţiei cu până la 27 % (Jeuffroi, 1994). După Lambert şi Linck (1958), în cazul plantelor de *mazăre* această perioadă sensibilă la temperaturi ridicate este situată între ziua a 5-a şi a 10-a înainte de începutul înfloritului, iar după Karr ş.a. (1959), este situată între ziua a 9-a şi a 11-a înainte de înflorire. Cercetările efectuate de Stanfield ş.a. (1966) au precizat că temperaturile diurne de 32 °C şi nocturne de 16 °C au determinat formarea celui mai mic număr de păstăi pe plantă (2,0 - 2,1). Cel mai mare număr de păstăi a fost obţinut în regimul termic de 21 °C ziua şi 13 °C noaptea (17,6 păstăi/plantă). Jeuffroi ş.a. (1994) a pus în evidenţă acest efect negativ al temperaturilor ridicate, numai în cazul în care au acţionat o perioadă lungă de timp.

Expunerea plantelor de *mazăre* în perioada de înflorire, timp de 5 zile la temperatura de 29 °C, a determinat reducerea numărului de semințe cu circa 20 % (Lambert și Linck, 1958). După Jeuffroi ș.a. (1994) expunerea plantelor de mazăre la temperatura de 31 °C a determinat reducerea numărului de semințe la păstăile situate la nodurile inferioare, care au avut o maturitate mai avansată.

Reducerea semnificativă a producției la plantele de *mazăre* s-a constatat după 1 zi de expunere la temperatura de 32 °C sau 3 zile la temperatura de 29 °C (Lambert și Linck (1958). Numărul de fructe și respectiv de semințe care au ajuns la maturitate a fost determinat în principal de perioada în care a avut loc șocul termic.

Expunerea plantelor de *mazăre* la stres termic timp de 3 – 4 zile, în diferite etape după înflorit, a variat în funcție de etapă și nivelul temperaturii diurne și nocturne. Stresul diurn (32 / 15 °C) după 9 – 11 zile de la înflorirea completă a plantelor de *mazăre* a determinat scăderea producției cu 8 %, în timp ce stresul nocturn (24 - 30 °C) a determinat diminuarea producției cu 25 % (Karr ș.a., 1959).

Rainey și Griffiths (2005) au urmărit efectul stresului termic asupra a 24 genotipuri de *fasole*. Stresul termic indus de temperatura de 33 °C ziua și 30 °C noaptea, a determinat reducerea numărului de semințe în medie cu 83 %, a numărului de păstăi cu 63 %, a mesei medii a semințelor cu 47 % și a raportului semințe/păstăi cu 73 %. Diferitele genotipuri au avut răspunsuri variate la stresul termic, sugerând existența unor mecanisme genetice diferite de toleranță la temperaturi ridicate.

Temperaturile optime pentru creșterea tuberculilor de *cartof* a variat între 14 și 22 °C iar temperaturile care au depășit aceste limite au determinat inhibarea acestui proces (Basu și Minhas, 1991). La temperatura de 18 °C producția de tuberculi din soiurile Desiree și Bintje a variat între 1.422 și 1.863 g/plantă iar la temperatura de 28 °C a variat între 0 și 8 g/plantă (Struik ș.a., 1989).

Tibbitts ş.a. (1992) au studiat comportarea a 24 soiuri da cartof, în condiţii de stres termic. Datele obţinute au relevat că soiurile Rutt, Haig, Troll şi Bake King au avut cele mai bune performanţe de producţie, în timp ce soiurile Atlantic, Alpha, Kennebec şi Russet Burbank au avut cele mai mici producţii.

Mori şi Hashizume (2007) au precizat că stresul termic (35 °C) determină diminuarea calităţii *strugurilor* din soiul Cabernet Sauvignon, prin scăderea la aproape jumătate a conţinutului de antociani din bace. Aceasta s-a datorat biodegradării antocianilor sub acţiunea temperaturii ridicate, dar şi datorită inhibării procesului de transcripţie a ARNm de către genele specifice şi ca urmare a diminuării procesului de biosinteză a acestor pigmenţi. Rezultate similare au obţinut şi Yamane ş.a. (2006) care au constatat că expunerea plantelor de viţă de vie la temperatura de 30 °C, în perioada de început a colorării bacelor, a determinat scăderea de 1,6 ori a conţinutului de antociani, comparativ cu plantele expuse la temperatura de 20 °C

Stresul hidric este factorul principal care limitează producţia plantelor. Acesta determină deshidratarea şi plasmoliza celulelor, care influenţează toate procesele fiziologo-biochimice din plante.

Aprecierea producţiei realizate în condiţii de stres hidric se poate aprecia cu ajutorul relaţiei recomandată de Passioura (1977).

$$Y = E \times WUE \times HI;$$

în care Y este producţia, E – apa transpirată, WUE – eficienţa utilizării apei şi HI – indicele de recoltă (raportul dintre biomasa comercială şi biomasa totală.

Deficitul hidric din sol care a scăzut potenţialului hidric din plantele de *tomate* de la –0,5 MPa, la -1,2 MPa, a determinat ca fructele să aibă dimensiunile mai mici, să fie mai intens colorate, cu un conţinut mai mic de apă şi mai mare de zaharoză, fructoză şi glucoză (Pulupol ş.a., 1996). În condiţiile deficitului hidric, intensitatea procesului de respiraţie şi conţinutul de etilenă este mai mare, comparativ cu varianta martor.

Cercetările efectuate de Levi (1983) cu şase soiuri de *cartof* cultivate în condiţii de stres hidric au relevat că cele mai mari producţii se obţin la soiurile adaptate la aceste condiţii, care se caracterizează prin posibilităţile mari de reglaj osmotic şi printr-un sistem radicular abundent. Levi (1985) a constatat că stresul hidric aplicat în etapele timpuri de creştere a tuberculilor de cartof a avut efecte mici asupra procesului de acumulare a substanţei uscate, în timp ce stresul tardiv, a determinat pierderi semnificative de substanţă uscată.

Tănase (2013) a constatat că stresul termo-hidric a avut un efect nesemnificativ asupra numărului de tuberculi dintr-un cuib, dar a redus masa medie a tuberculilor şi prin aceasta a scăzut producţia medie de pe un hectar cu 14 %.

Susnoschi şi Simshi (1985) au precizat că în condiţiile solurilor semiaride, soiul precoce de *cartof* Spunta a realizat o producţie mai mare (16,5 t/ ha), comparativ cu soiul Alpha (7,9 t/ ha), mai tardiv, care şi-a menţinut frunzele o perioadă mai mare de timp.

Perioadele scurte cu stres hidric au redus mai puţin producţia de tuberculi la soiurile tardive de *cartof,* comparativ cu cele precoce (Spitters şi Schapendonk,1990). Soiurile tardive au avut o suprafaţă foliară mai mare, care a fost mai puţin afectată de procesul de abscisie indus de stresul hidric.

Hassanpanah (2010) a cultivat 7 soiuri de cartof în condiţii normale de umiditate de stres hidric mijlociu şi de stres sever. Soiurile Caesar şi Kennebec au fost apreciate ca tolerante, soiurile Savalan şi Satina ca moderat tolerante iar Agria, Marfona şi Santé au fost considerate ca sensibile la stresul hidric

Livezile pomicole expuse la stresul hidric în timpul creşterii fructelor, au avut fructe cu dimensiuni mai mici şi o producţie mai scăzută (Lopez ş.a., 2012). Apariţia stresului hidric în perioada de inducţie floral, cât şi în perioada postrecoltă are efecte negative şi asupra producţiei din anul viitor. Johnson ş.a. (1994) au constatat că stresul hidric din perioada postrecoltă a determinat un potenţialul hidric de -1,0 MPa în tulpinile de păr soiul Spadona, care a redus producţia din anul următor cu 50 %.

BCU VASILE CÎRLAN UNIVERSITY LIBRARY

Deficitul hidric din perioada cuprinsă între înflorit şi faza de pârgă a inhibat ireversibil procesul de creştere a bacelor la *viţa de vie*, corelat cu diminuarea valorii comerciale a strugurilor. Efectul stresului hidric din această perioadă este mult mai evident decât cel din perioada de pârgă până la maturitatea deplină, când are loc doar extensia celulelor nou formate. Diviziunea celulelor pericarpului are loc numai în prima fază de creştere şi din această cauză deficitul hidric timpuriu reduce rata diviziunilor celulare şi determină formarea de fructe cu dimensiuni mici (Ojeda ş.a., 2001).

Bravdo (2000) a apreciat că stresul hidric moderat, după faza de pârgă, reduce creşterile vegetative şi au un efect pozitiv asupra calităţii recoltei la *viţa de vie*, în timp ce stresul hidric excesiv determină pierderi importante de recoltă şi reduce calitatea acesteia. Reglajul deficitului hidric în fazele timpurii de creştere vegetativă, poate constitui o metodă eficientă pentru reducerea vigorii excesive, la unele soiuri.

Deficitul hidric influenţează şi acumularea substanţelor de rezervă în bacele strugurilor. Determinările efectuate de Lopes şi Castro (1992) au precizat că, în condiţii de stres hidric, procesul de maturare a strugurilor este blocat, iar conţinutul de glucide din bace este foarte scăzut.

Calitatea producţiei este influenţată în mod evident de stresul termic şi hidric, care grăbeşte procesul de maturare şi influenţează: mărimea, fermitatea, culoarea, conţinutul de glucide, aciditatea titrabilă, aroma, apariţia bolilor fiziologice.

În condiţii de stres hidric, Plodowska ş.a. (1989) au constatat că procesul de creştere a tuberculilor de *cartof* este mai mic cu 43 – 54 %, comparativ cu cel de la variantele martor, cultivate în condiţii normale de umiditate.

Wolf ş.a. (1991) au constatat că în condiţii de stres termic, zaharoza este transportată din frunzele de *cartof* în tuberculi, dar conversia în amidon este inhibată. Acest proces a fost pus în evidenţă de Geigenberger ş.a. (1998) la temperatura de 35 °C iar Viola ş.a. (2001) au considerat că acesta se datorează

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

activității enzimelor: invertază, zaharozo sintază și ADP-glucozo pirofosforilază. Ewing (1981) consideră că această blocare a sintezei amidonului este cauza producției mai mici care se obține în condiții de stres termic.

Karafyllidis ș.a. (1996) a expus plantele de *cartof* la un stres hidric de 0.7, 1.9, 3.4 și 7.8 atm. și au constatat că umiditatea scăzută a solului a determinat scăderea producției, a numărului și mărimii tuberculilor. Perioada de creștere a fost scurtată cu 1 – 4 săptămâni iar perioada de dormanță cu 2 – 8 săptămâni. Tuberculii recoltați pentru înmulțire, au produs în anul următor, în aceleași condiții, plante cu 20 % mai puține tulpini, cu producția mai mică cu 24 – 33 %, cu 18 – 22 % mai puțini tuberculi și cu 19 – 22 % mai puțini tuberculi cu dimensiuni mari.

În condiții de stres hidric Bejanaro ș.a. (2000) au constatat o creștere a concentrației de glicoalcaloizi (α–solanină și α–chaconină) din tuberculi. Conținutul a fost mai mare în epiderma și hipoderma tuberculilor comparativ cu parenchimul de depozitare iar soiul nou Pampena tolerant la secetă, a acumulat cea mai mică cantitate de glicoalcaloizi.

Seceta urmată de o perioadă ploioasă și călduroasă a determinat formarea de cavități în tuberculii de *cartof* iar la *tomate* a produs forma unor crăpături circulare, cu adâncimi diferite, zona pedunculară a fructelor. Stresul hidric a inhibat procesul de creștere a celulelor din epicarpul tomatelor, în timp ce ploile au facilitat acumularea apei în celulele mezocarpului, care sunt mai puțin afectate de secetă. Acumularea apei și creșterea presiunii de turgescență a determinat ruperea epicarpului și formarea acestor crăpături.

Temperaturile ridicate au favorizat formarea inimei negre (brown heart), la tuberculii de cartof, care se caracterizează prin brunificarea țesuturilor interne din tuberculi și formarea unor caverne. Aceste simptome pot fi întâlnite la tuberculii din soiurile timpurii, care după recoltare au rămas pe sol, expuși la radiațiile solare. Temperaturile ridicate au intensificat procesul de respirație, a tuberculilor, dar aportul de oxigen este insuficient din cauza spațiilor intercelu-

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

lare mici, prin care se face transportul acestuia. Ca urmare, țesuturile interne ale tuberculilor sunt private de oxigen, generându-se astfel condițiile de anaerobioză. În lipsa oxigenului respirația este blocată, iar glucidele sunt biodegradate anaerob cu formarea de aldehidă acetică și alcool etilic care au efect toxic, determină moartea celulelor, brunificarea acestora, iar în unele cazuri, formarea de caverne.

Sanchaz-Rodriguez ș.a. (2011) au constatat o scădere a activității ciclului shikimat în *tomatele* cultivate în condiții de stres hidric, care au avut un conținut mai mic de substanțe fenolice (acid cafeoilquinic și derivații acestuia, quercetină și kamferol). Dintre cele 5 soiuri testate, doar soiul Zarina a prezentat o creștere a conținutului de substanțe fenolice, datorată mai ales acumulării de flavone. De asemenea, activitatea enzimelor care biodegradează fenolii a fost mai mică în condiții de stres hidric.

Temperaturile ridicate (40 °C, 4 zile) determină blocarea procesului de maturare a *tomatelor* (blotchy ripening), fructele au fermitatea mare, conținutul de caroten crește iar cel de licopen scade (Burzo ș.a., 1988, 1992). Kagan-Zur ș.a. (1996) au precizat că stresul termic determină blocarea treptată și ireversibilă a expresiei genelor poligalacturonazei, în timp ce expresia genelor pectinmetlesterazei este mai puțin sensibilă la acest stres. Modificarea activității enzimelor pectice, afectează fermitatea fructelor, care se menține la valori ridicate.

Salata din soiul Lucy Brown cultivată în seră, în condiții de stres hidric, a avut un conținut mai mare de poliamine: putresceină și cadaverină (Coelho ș.a., 2005). Cauza acumulării poliaminelor în condiții de stres hidric este încă incertă.

Zaicovski ș.a. (2008) au constatat că reducerea conținutului de apă din sol (0,40 MPa) în timpul creșterii inflorescenței la *broccoli* a determinat reducerea suprafeței frunzelor, fără să afecteze masa, producția și culoarea verde a inflorescențelor. Menținerea culorii verzi a inflorescențelor pe durata perioadei de păstrare se datorează acumulării citokininelor, care au acțiune inhibitoare asupra hormonului de maturare: etilenă.

Temperaturile ridicate, însoțite de insolația puternică, determină formarea de arsuri (sunscald) pe partea superioară a fructelor de *ardei, tomate, pătlăgele vinete, mere etc.*

Expunerea *ardeilor* la temperaturi mai mari de 38 - 40 °C, determină după Rabinowitch și Sklan (1981), generarea de radicali superoxid, prin acțiunea luminii asupra clorofilei. Leziunile se caracterizează prin apariția unei culori albicioase și a unor mici bășici, pe epicarpul fructelor. Într-o fază mai avansată se constată pierderea apei, moartea țesuturilor și depresarea acestora. Moartea celulelor oferă condiții bune pentru dezvoltarea microorganismelor parazite, în special pentru *Alternaria spp.*

Rabinowitch ș.a. (1986) au constatat că expunerea *ardeilor* la temperatura de 40 °C pentru 6 ore a determinat reducerea acestor deprecieri fiziologice. În aceste condiții s-a constatat creșterea activității superoxiddismutazei care catalizează descompunerea radicalilor liberi.

În condițiile climatice caracteristice pentru zona nisipurilor de la Dăbuleni, unde temperatura medie anuală este de 11,2 °C, temperatura maximă ajunge la 42,8 °C și precipitațiile anuale sunt de 540 mm, se obțin producții timpurii de fructe și legume, cu calități nutritive ridicate.

Croitoru, ș.a (2001) au constatat că în fructele de piersic a acumulat un conținut mediu de substanță uscată totală de 12,04 %, cu valori maxime de 12,77 % - 13,64 % la soiurile mai tardive. Substanța uscată solubilă a prezentat valori cuprinse între 8,9 % la soiul Madeleine Pouyet și 12,12 % la soiul Jerseyglo. Conținutul mediu de glucide solubile al fructelor de piersic a fost de 8,21 %, iar aciditatea titrabilă de 0,58 g acid malic/100g substanță proaspătă. Conținutul mediu de vitamină C a fost de 4,55 mg/100g substanță proaspătă, cel de proteine de 0,66 % proteine, cel de substanțe minerale 0,51 %, iar greutatea medie a fructelor a fost de 120,83g.

În cazul caiselor, condițiile de stres termic și hidric din zona Dăbuleni au determinat realizarea unor fructe cu dimensiuni mai mici, cu un conținut mai

B.C.U. „M. EMINESCU" IAȘI

mare de substanță uscată totală și solubilă. În fructele de cais a fost determinat o cantitate medie de substanță uscată totală: 13,41 % cu limite cuprinse între 12,14 % la soiul Umberto și 14,67 % la soiul Sulmona. Conținutul de glucide din fructele de cais a fost în medie de 8,65 %, cu un maxim de 9,59 % la soiul Sulmona. Aciditatea titrabilă a fructelor a fost cuprinsă între 1,15-1,72 g acid malic/100g substanță proaspătă, iar conținutul de vitamina C a variat între 3,78 și 6,01 mg/100g substanță proaspătă.

Cultivarea pe solurile nisipoase, în condiții de stres termic și hidric a pepenilor verzi, altoiți, nu a influențat negativ calitatea fructelor (Croitoru, 2013), Acestea au avut un conținut mai mare de glucide și valori foarte apropiate a conținutului de substanță uscată totală și solubilă. Analizând influența unor cultivare de pepeni verzi altoite, cele mai bune rezultate au fost obținute la cultivarul Oltenia cu 9,75 % substanță uscată totală, 9,60 % substanță uscată solubilă, 7,92 % glucide solubile, 0,07 % acid malic și 14,04 mg/100g s.p vitamina C. Cultivarul Oltenia a fost ameliorat la CCDCPN Dăbuleni, fiind aclimatizat la condițiile de stres termo-hidric, caracteristice zonei cu soluri nisipoase din sudul Olteniei.

În fructele de tomate obținute pe solurile nisipoase, Croitoru ș.a, (2001), au determinat un conținut de substanță uscată totală cuprinsă între 4,02 % la soiul Dacia și 5,45 % la soiul Monor, cu o medie de 4,74 %. Tomatele constituie o sursă de vitamina C. În tomatele obținute pe solurile nisipoase a fost determinat un conținut de vitamina C cuprins între 18,74 și 23,07mg /100g substanță proaspătă.

Croitoru ș.a (2011) au constatat că pe solurile nisipoase din sudul Olteniei, în condiții de stres termic și hidric, tuberculii de cartof au avut un conținut de substanță uscată totală cuprinsă între 18,35 % la soiul Cosmos și 23,87 % la soiul Astral, iar cele mai bune rezultate au fost obținute la soiurile ameliorate la Stațiunea Suceava. De asemenea, în tuberculii de cartof a fost determinat un conținut de vitamina C cuprins între 13,35 mg/100g s.p la soiul Dumbrava și

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

18,73 mg/100g s.p la soiul Virgo, cu o medie de 16,04 mg/100g s.p. Literatura de specialitate evidențiază la tuberculii de cartof un conținut de vitamina C cuprins între 15 mg și 22 mg/100g s.p. cu o medie de 17 mg/100g s.p. Cieslike, 1994, a determinat în cartofi un conținut mediu de 16,4mg/100g.

Croitoru s.a (2013) a constatat că în condițiile de la Dăbuleni irigarea la nivelul de 80 % din I.U.A a determinat creșterea conținutului de substanță uscată totală la soiul Robusta, până la 25,85 %. Substanța uscată totală din tuberculii soiurilor Sante (25,18 %), Tresor (20,76 %) și Carrera (17,12 %), care sunt foarte timpurii și au o perioadă de vegetație mai scurtă, necesită o cantitate mai mică de apă pentru realizarea unor producții performante, astfel încât conținutul maxim de substanță uscată totală a fost realizat la variantele cu plafonul de irigare de 50 % din I.U.A.

Conținutul de glucide reducătoare din tuberculii de cartof a fost cuprins între 1,20 % la soiul Nemere, în varianta irigată la 80 % din IUA și 1,92 % la soiul Magic, din aceeași variantă.

În cazul speciilor pomicole, arsurile provocate de soare se manifestă la fructele situate în vârful coroanei pomilor, expuse direct la acțiunea radiațiilor solare. Ca urmare, în celulele epidermice și hipodermice au loc reacții de biodegradare, iar primul simptom evident constă în decolorarea țesuturilor, ca urmare a biodegradării pigmenților antocianici. Într-o fază mai avansată de deteriorare a ultrastructurii, are loc brunificarea celulelor afectate, iar în final celulele pierd apa și se deshidratează

Din sinteza cercetărilor efectuată de Lopez ș.a. (2010) a rezultat că stresul hidric determină formarea de fructe cu dimensiuni mai mici și cu fermitatea mai mare, în cazul perelor, caiselor, piersicilor, prunelor și vișinelor. Substanța uscată solubilă din fructe, a crescut în condiții de stres hidric, dar efectul asupra acidității titrabile și aromei este încă incert, datorită rezultatelor contradictorii obținute de diferiți autori. Efectul stresului hidric asupra antocianilor, care conferă culoarea roșie a fructelor, a variat în funcție de specie și de inten-

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

sitatea și momentul de apariție a stresului. La toate speciile de fructe s-a constatat însă efectul stimulator pe care îl are stresul hidric asupra procesului de maturare.

În cazul *merelor*, deficitul hidric a determinat realizarea unor fructe cu dimensiuni mai mici, cu fermitatea mai mare, cu un conținut mai ridicat de substanță uscată solubilă și cu pierderi mai mici pe durata perioadei de păstrare (Mpelasoka ș.a., 2001).

Sticlozitatea (watercore), se manifestă la merele expuse la temperaturi ridicate și umiditate scăzută a solului, prin apariția unei zone sticloase în centrul fructului (Burzo ș.a., 2005). În secțiune transversală a fructelor afectate, se observă aspectul apos al țesuturilor din apropierea lojelor carpelare. Acest aspect se datorează acumulării, în spațiile intercelulare a unui lichid bogat în sorbitol.

Temperaturile ridicate determină hidroliza rapidă a amidonului din fructe, creșterea potențialului osmotic și absorbția din frunze a apei bogate în sorbitol. Activitatea sorbitol-dehidrogenazei din fructe este afectată, ceea ce împiedică transformarea sorbitolului în glucoză iar apa cu sorbitol, se acumulează în spațiile intercelulare.

Caisele din soiul Bulida expuse la un stres hidric (50 % din regimul variantei martor) nu au prezentat diferențe în ceea ce privește masa, diametrul și fermitatea, față de fructele din varianta martor. Fructele din varianta expusă la stres hidric au avut un conținut mai mare de substanță uscată solubilă, aciditate titrabilă și o culoare mai intensă. După 20 de zile de păstrare s-a menținut compoziția chimică a fructelor iar atacul fitopatogen a fost mai mic, probabil datorită grosimii mai mari a cuticulei (Perez-Pastor, 2007).

Deficitul hidric (1/4 din norma de udare a martorului) nu a influențat mărimea fructelor de *căpșun* din soiurile Florence și Christine, dar le-a micșorat pe cele din soiurile Sonata și Symphony (Bordonaba și Terry, 2010). Fructele expuse la stresul hidric au avut un conținut mai mare de substanță uscată, de

fructoză şi glucoză, aciditate mai mică în cazul soiurilor Elsanta şi Sonata şi un conţinut puţin mai mic de antociani

Du ş.a. (2008) au constatat că *strugurii* din soiul Rizamat expuşi la condiţii de stres hidric au realizat o producţie mai mare, probabil datorită modificării balanţei dintre creşterile vegetative şi reproductive, cât şi a sporirii eficienţei utilizării apei. Strugurii din variantele cu stres hidric au avut un conţinut mai mare de acid ascorbic, substanţe solubile totale şi o aciditate titrabilă mai mică.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

3. RECEPȚIA ȘI TRANSMITEREA SEMNALELOR LA ACȚIUNEA FACTORILOR DE STRES

Burzo, I., Maria Magdalena Zamfirache

3.1. Factorii de stres care induc semnale în plante 107
3.2. Recepția semnalelor din mediul ambiant 109
3.3. Mesagerii secundari 112
3.4. Transmiterea semnalelor la nivel celular 115
3.5. Transmiterea semnalelor între celule sau la nivelul întregii plante 118
3.6. Factorii de transcripție 121
3.7. Activarea genelor 122

Efectele negative pe care le au factorii de stres asupra plantelor horticole au determinat intensificarea cercetărilor orientate în scopul diminuării sau a prevenirii acestor efecte.

Creșterea, dezvoltarea și supraviețuirea plantelor în condiții de stres, se poate asigura numai în condițiile existenței unei legături permanente dinte plante și factorii din mediul ambiant și a realizării unor reacții de răspuns adecvate. Această problemă a suscitat un interes deosebit din partea specialiștilor, dar numai în ultimii ani s-au făcut pași mai importanți în această direcție. În acest sens pot fi citate lucrările de sinteză editate de Jones, Flowers și Jones (1993), Cherry (1994), Grillo și Leone (1996), Passioura și Belhassen (1997), Shinozaki și Yamaguchi-Shinozaki (1999), Cherry, Locy și Richter (2000), Wilkinson (2000), Krauss (2003), Scheel și Wasternack (2003), Sanita di Toppi și Pawlik-Skowronska (2003), Hirt și Shinozaki (2004), Jenks și Hasegawa (2005), Rao,

IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Raghavendra și Reddy (2006), Baluska ș.a. (2006), Rai și Takabe (2006), Abelson și Simon (2007), Jenks și Wood (2007), Yang (2008), Baluska (2009), Baluska și Mancuso (2009), Hirt (2009), Rio și Pupo (2009), Pfannschmidt (2009), Munnik (2010), Jenks și Wood (2010), Pareek, Sopory, Bohnert și Govindjee (2010), Mancuso și Shabala (2010), Geisler și Venema (2011), Gupta (2011), Sanker și Venkateswarlu (2011), Likhtfouse (2011), Aroca (2012), Lushchak și Semchyshyn (2012), Tax și Kemmerling (2012), Witzany și Baluska (2012), Kragler și Hülskamp (2012), Fritsche-Neto și Borem (2012), Ahmad și Prasad (2012), Shabala (2012), Akinci (2013), Rout și Das (2013), Vahdati și Leslie (2013).

Cercetările efectuate până în prezent au urmărit elucidarea unor aspecte referitoare la:

- Efectele pe care le au factorii de stres asupra plantelor horticole.

- Stabilirea mecanismului fiziologo-biochimic prin care plantele recepționează, transmit și obțin reacții de aclimatizare la acțiunea factorilor de stres.

- Identificarea genelor care sunt induse sau represate la nivelul transcripției, când plantele sunt expuse la acțiunea factorilor de stres (Demiral ș.a., 2011).

- Identificarea proteinelor și a metaboliților care participă la realizarea procesului de aclimatizare a plantelor la factorii de stres.

- Identificarea locusurilor cantitative caracteristice (QTL) din ADN, pentru secvențele care codifică rezistența la factorii de stres (Kantar ș.a., 2011), precum și a genelor specifice.

- Obținerea de plante transgenice, rezistente la acțiunea factorilor de stres (Kantar ș.a., 2011).

Cercetările efectuate au evidențiat că plantele și-au creat mecanisme prin care primesc informații de la toate celulele și ca urmare celulele de același tip pot reacționa sincron la acțiunea factorilor de stres.

BCU IAȘI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

De asemenea s-a precizat că în condițiile unui stres ușor, moderat, acesta poate să determine declanșarea unor reacții de apărare care permite plantelor să depășească perioada critică. În această etapă "**de aclimatizare**" plantele expuse la un stres moderat, recepționează prezența factorilor de stres și transmit aceste informații genelor nucleare care codifică realizarea reacțiilor de răspuns adecvate (figura 3.1.).

Kreps ș.a. (2002) au precizat că circa 30 % din genomul speciei *Arabidopsis thaliana* poate fi afectat de stresul abiotic la nivelul transcripției și este implicat în toleranța la stres. Produșii rezultați în urma activității acestor gene protejează plantele de acțiunea unui stres mai puternic și acești produși dispar odată cu încetarea acțiunii factorilor de stres.

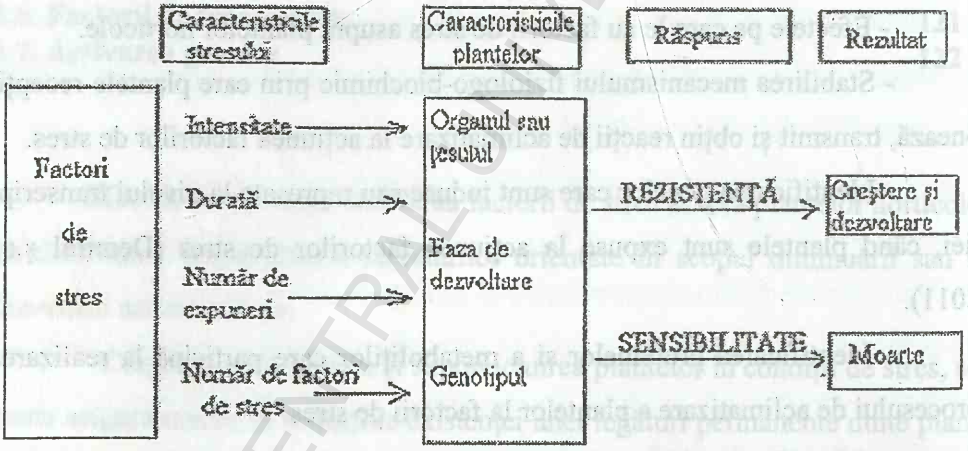


Fig. 3.1. Schema modului de acțiune a factorilor de stres asupra plantelor horticole

Dacă condițiile de stres persistă perioade îndelungate de timp, se produc modificări funcționale și structurale care se pot transmite ereditar și care permit realizarea capacității de creștere și de dezvoltare în aceste condiții nefavorabile, ceea ce constituie **procesul de adaptare**.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Recepția semnalelor din mediul ambiant și realizarea unor răspunsuri adecvate la acțiunea factorilor de stres, reprezintă un proces complex, în care sunt implicate celulele, țesuturile, organele sau chiar plantele întregi.

Acest proces se realizează în următoarele etape:

- Recepția semnalului de către proteinele receptoare și transmisia semnalului la mesagerii secundari.
- Activarea proteinelor transportoare de către mesagerii secundari.
- Transmiterea informației prin lanțul de proteine transportoare, la factorii de transcripție.
- Activarea genelor specifice de către factorii de transcripție și formarea de ARNm ce codifică sinteza substanțelor cu rol de protecție.
- Sinteza proteinelor și enzimelor implicate în reacțiile de răspuns.

3.1. FACTORII DE STRES CARE INDUC SEMNALE ÎN PLANTE

În condiții naturale, de multe ori asupra plantelor acționează simultan mai mulți factori de stres: de exemplu temperatura ridicată, este însoțită deseori de secetă și de concentrarea soluției solului (salinizare). Realizarea unor reacții de răspuns adecvate, pentru fiecare factor de stres în parte, implică existența unui număr corespunzător de receptori, căi de transmitere a informației, factori de transcripție și gene (Figura 3.2.).

Factorii de stres pot să acționeze asupra unor celule, țesuturi, organe sau asupra plantelor întregi. Astfel, seceta sau salinitatea acționează asupra celulelor din rădăcină, în timp ce stresul termic acționează asupra celulelor din planta întreagă. De asemenea, factorii de stres pot să acționeze individual, dar de cele mai multe ori seceta și insolația puternică acționează simultan. Ca urmare recepția și transmiterea semnalelor precum și reacțiile de răspuns se realizează simultan, asigurând protecția la acțiunea ambilor factori.

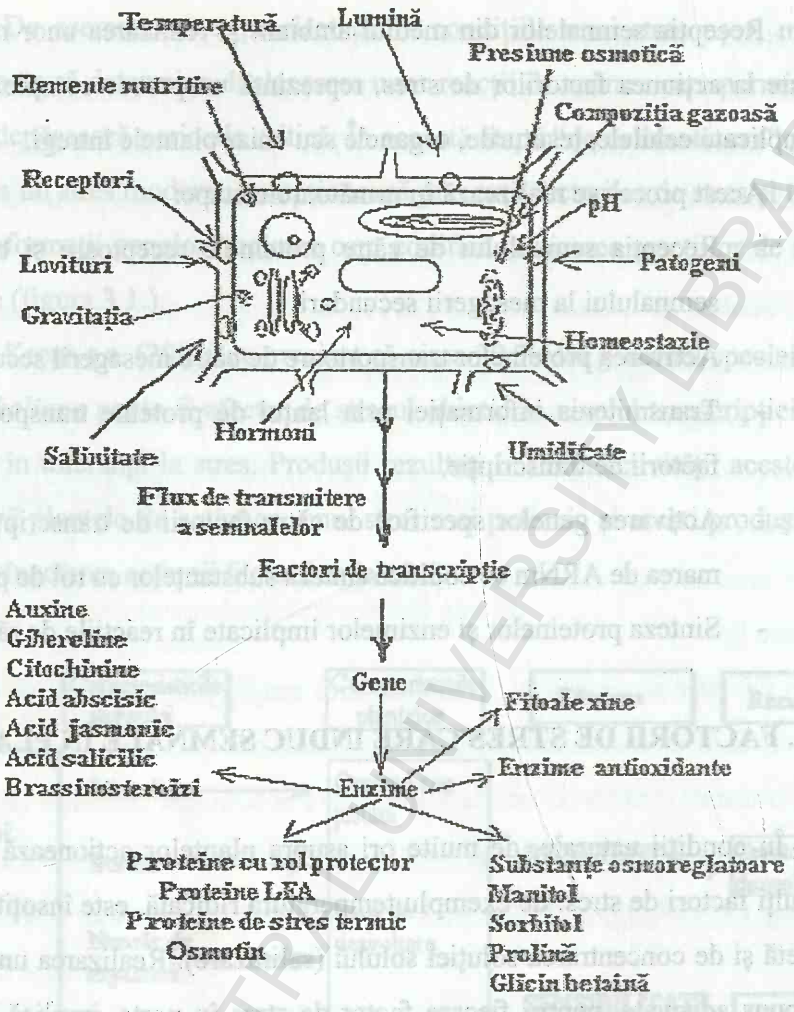


Figura 3.2. Schema procesului de răspuns a plantelor la acțiunea factorilor de stres

Între căile de transmitere a semnalelor există conexiuni la toate nivelurile, ceea ce determină ca răspunsul la nivelul plantei să fie unitar.

Principalii factori din mediul ambiant, care sunt recepționați de către plante sunt: temperatura, umiditatea, intensitatea luminoasă, elementele nutritive, stresul mecanic, pH-ul solului, forța de gravitație, compoziția atmosferei (CO_2, O_2, C_2H_2), vântul etc. De cele mai multe ori, factorii ambianți acționează simultan, de exemplu temperatura ridicată, seceta și salinitatea, fiecare dintre acești factori de stres, fiind recepționat de un receptor specific.

BCU IAȘI CENTRALĂ UNIVERSITY LIBRARY

Dintre factorii interni, plantele recepționează semnalele provenite de la: presiunea de turgescență, hormoni, ATP, elemente minerale, metaboliți secundari, calciu etc.

În funcție de caracteristicile pe care le au, factorii ambianți sunt recepționați de senzori situați la nivelul plasmalemei (ex. seceta, loviturile, vântul etc.) sau la interiorul celulelor (hormoni, intensitatea luminoasă etc.).

3.2. RECEPȚIA SEMNALELOR DIN MEDIUL AMBIANT

Realizarea unor răspunsuri adecvate la modificarea factorilor externi sau interni necesită participarea unui mare număr de receptori. Aceştia se deosebesc în funcție de semnalele pe care le recepționează, structura moleculară, modul de recepție a semnalelor și de localizarea lor. De exemplu, receptorii pentru lumină se găsesc în frunze, cei de gravitație în țesuturile meristematice iar receptorii pentru stresul salin și secetă, se găsesc în rădăcini.

La nivel celular, receptorii se găsesc în plasmalemă, citoplasmă sau la nivelul nucleului şi au un situs specific pentru legarea factorului excitant (ligand), la nivelul căreia se formează o legătură reversibilă.

Rezultatul acțiunii unui factor din mediul ambiant se datorează efectului cumulat al însușirilor receptorului (număr, sensibilitate etc.) și ai factorului excitant (intensitate, durată etc.).

Numeroase proteine inserate în membranele plasmatice reprezintă receptori membranali care se găsesc în locuri accesibile pentru factorii excitanți intra sau extracelulari. Cei mai răspândiți sunt receptorii protein kinazici care au un domeniu receptor extracelular bogat în leucină LRR (leucine rich repeat), unul sau mai multe domenii transmembranale și un domeniu intracelular cu activitate serin/treonin kinazică (Walker, 1994).

Recepția semnalelor și activarea receptorului se realizează pe următoarele căi:

- Factorul de stres acționează asupra domeniului extracelular al receptorului specific din membrana plasmatică sau se leagă reversibil de acesta, determinând dimerizarea sau oligomerizarea receptorului sau modificarea conformațională allosterică a acestuia (Monod ș.a., 1963).

Dimerizarea sau oligomerizarea receptorului constă în legarea moleculei semnal la doi sau mai mulți receptori ceea ce determină trecerea acestora de la starea inactivă, la cea activă iar modificarea conformațională allosterică determină schimbări în domeniului intracelular al receptorului, respectiv autofosforilarea protein kinazei terminale.

Stresul termo-hidric poate fi recepționat de următorii receptori:

Receptorii protein kinaze (RLKs – Like protein kinase receptor) sunt implicați în reacțiile de răspuns la acțiunea factorilor de stres și în reglarea procesului de creștere (Lehti-Shiu ș.a., 2009). Acești receptori au un segment extracelular care recepționează semnalul, un segment transmembranal și unul intern, citoplasmatic, care conține situsul activ al protein kinazei (Figura 3.3.). Excitarea segmentului extracelular al receptorului de către factorul de stres, determină autofosforilarea sau fosforilarea reziduului de serină/treonină din domeniul intern al protein kinazei.

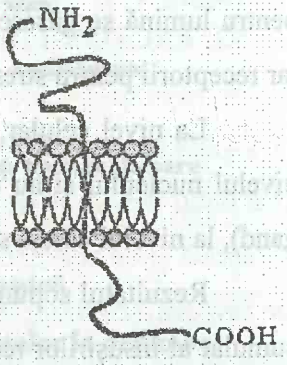


Fig. 3.3. Schema receptorului protein kinazic

Histidin kinazele (HK) sunt receptori proteici situați în plasmalemă, care au fost identificați în *Escherichia coli* și în *Arabidopsis* de către Scheel și Wasternack (2003), dar care se consideră că se găsește și în celelalte plante (Bartles ș.a., 2007). Acești receptori sunt alcătuiți din două domenii: domeniul N-terminal extern al histidin kinazei care recepționează semnalele din exterior,

și domeniul C-terminal intern ce conține reziduul de histidină, care se autofosforilează la recepția semnalului. Prin cedarea fosfatului, receptorul activează cascada de proteine transportoare, care transmit semnalul către factorii de transcripție.

Suzuki ș.a. (2000) au constatat că histidin kinazele sunt receptori proteici pentru temperatură iar Aguilar ș.a. (2001) au apreciat că aceste proteine nu reprezintă numai senzori pentru temperatură, ci pot funcționa și ca osmosenzori.

Histidin kinaza 1 (HK1) este un receptor specific pentru stresul osmotic, care a fost identificat în *Atabidopsis thaliana* - AtHK1 (Shinozaki și Yamaguchi-Shinozaki, 1999).

Rout și Das (2013) consideră că semnalele stresului hidric sunt recepționate de domeniul senzitiv extern al histidin kinazelor determinând modificări conformaționale care induc autofosforilarea reziduurilor de histidină din domeniul intern. Acesta cedează fosfatul mesagerilor secundari sau proteinelor din lanțul de transmitere a semnalelor, care la rândul lor activează factorii de transcripție și în final genele implicate în reacțiile de apărare.

Buchanan ș.a. (2000) consideră că stresul hidric determină scăderea presiunii de turgescență care se aplică asupra plasmalemei iar modificările de presiune sunt recepționate de proteine care își schimbă configurația și activează componenta citoplasmatică a acestuia.

Receptorii cuplați cu proteinele G, prin activare, realizează o modificare conformațională temporară care este însoțită de scindarea subunității α și fosforilarea acesteia, iar în final, subunitatea α cedează gruparea fosfat lanțului de proteine transportoare, care se activează.

Receptorii asociați cu protein kinaza C (PKC) sunt activați de către calciu sau diacil glicerol și activează la rândul lor lanțul de proteine transportoare, prin fosforilarea grupării hidroxil din reziduurile de serină și treonină.

Receptori specifici pentru calciu sunt considerați și calmodulinul, calciuneurinul B și Ca^{2+}-dependent protein kinazele.

3.3. MESAGERII SECUNDARI

Activarea receptorilor are ca rezultat sinteza de mesageri secundari intracelulari, care fac legătura dintre receptor și lanțul de proteine care transmit semnalul, activează un sistem enzimatic sau amplifică semnalele care se transmit prin lanțul de proteine transportoare (serin protein kinaze sau mitogen protein-kinaze).

Mesagerii secundari sunt reprezentați de proteinele G, adenozin monofosfatul ciclic (cAMP), guanozin monofosfatul ciclic (cGMP), ionii de calciu (Ca^{2+}), mesagerii derivați din lipide (diacil glicerol și de inozitol fosfatul), de fosfokinaza C și acidul adenozin difosforic (ADP).

Proteinele G, fac parte din clasa guanozin trifosfatazelor (GTP-aze), care sunt implicate realizarea legăturii dintre receptor și MAP-kinaze.Acestea sunt substanțe trimere alcătuite din trei subunități: α, β, γ (Figura 3.4.).

Subunitățile β și γ fixează proteine G pe fața internă a plasmalemei. Când proteina receptoare din plasmalemă se activează prin legarea ligandului, determină scindarea celor trei subunități a proteinei G și activarea subunității α prin fosforilarea guanozin difosfatului, cu formarea de guanozin trifosfat

Fosforul din guanozin trifosfatul subunității α este eliberat de GTP-ază și este utilizat pentru activarea fosfolipazei C, care catalizează hidroliza fosfatidilinozitol-4,5-difosfatului (PIP_2) din membranele plasmatice, cu formarea de diacilglicerol și inozitol-1,4,5-trifosfat (IP_3). Aceștia reprezintă mesageri secun-

dari ce pot activa lanțul de protein kinaze (Heilmann ș.a., 2000, Xiong ș.a., 2002). În final guanozin difosfatul și cele trei subunități, refac proteina G inactivă.

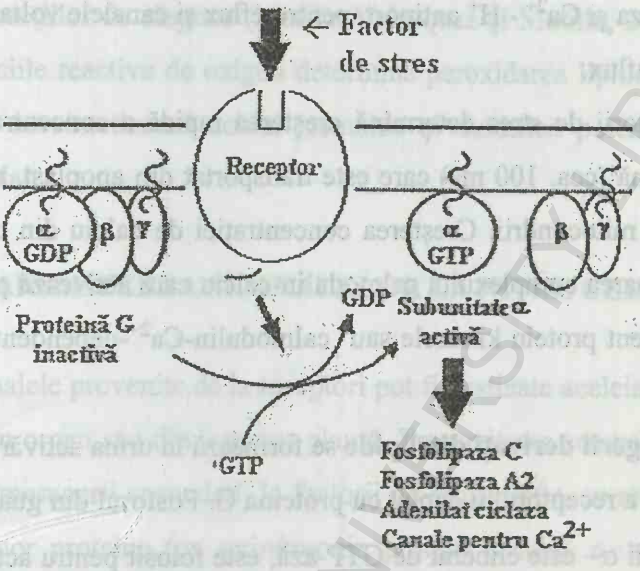


Fig. 3.4. Schema mecanismului de acțiune a receptorului cuplat cu proteina G

Adenozin monofosfatul ciclic (cAMP) se formează în urma activării receptorului de către factorii de stres și a stimulării de către acesta a activității enzimei adenil ciclază care catalizează transformarea ATP-ului în cAMP. Acesta este un mesager secundar care activează lanțul de transmitere a semnalelor alcătuit din cAMP protein kinaze (PKA), care transmit semnalele spre factorii de transcripție.

Calciul reprezintă un alt mesager secundar, care direct sau sub forma de calmodulin-calciu, activează prin fosforilare Ca^{2+}-dependent protein kinazele sau calmodulin-Ca^{2+}-dependent protein kinazele. Acestea pot induce expresia genelor direct, sau indirect, prin intermediul factorilor de transcripție.

În celulele plantelor, calciul se găsește sub formă de pectat de calciu în lamela mediană, sub formă de oxalat, malat, citrat sau tartrat de calciu în vacuo-

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

le, sau depozitat în apoplast și reticulul endoplasmatic. În citoplasmă este menținut în cantități mai mici, în medie de 10^{-7} (Trewavas, 2000).

Homeostazia calciului este menținută de către proteinele transportoare: Ca^{2+} -ATP-aza și Ca^{2+} - H^{+} antiport, pentru eflux și canalele voltaice pentru calciu, pentru influx.

Factorii de stres determină creșterea rapidă a concentrației de calciu din citoplasmă (cca. 100 ms) care este transportat din apoplast, reticulul endoplasmatic și mitocondrii. Creșterea concentrației de calciu din citoplasmă determină formarea complexului calmodulin-calciu care activează prin fosforilare Ca^{2+}-dependent protein kinazele sau calmodulin-Ca^{2+}-dependent protein kinazele.

Mesagerii derivați din lipide se formează în urma activării de către factorii de stres a receptorului cuplat cu proteina G. Fosforul din guanozin trifosfatul subunității α– este eliberat de GTP-ază, este folosit pentru activarea fosfolipazei C, care catalizează hidroliza fosfatidilinozitol-4,5-difosfatului (PIP_2) din membranele plasmatice, cu formarea de diacilglicerol și inozitol-1,4,5-trifosfat (IP_3), care constituie mesageri secundari pentru activarea lanțului de protein kinaze. Diacilglicerolul activează protein kinazele iar inozitol-1,4,5-trifosfatul activează proteinele transportoare pentru calciu, determină acumularea acestuia în citoplasmă și activarea Ca-dependent protein kinazelor.

Fosfatazele sunt serin/treonin fosfoproteine (PP1, PP2A, PP2B și PP2C) și tirozin fosfataze. Acestea sunt implicate în transmiterea semnalelor prin activarea prin fosforilare a protein kinazelor, dar pot acționa și ca mesageri secundari în activarea canalelor pentru calciu.

Speciile reactive de oxigen (ROS): așa cum sunt: superoxid, peroxid, hidroxil, și oxigen singlet se formează în cloroplaste, mitocondrii, peroxizomi reticul endoplasmatic și membranele plasmatice în timpul stresului termohidric. Acestea determină intensificarea proceselor de oxidare intracelulare, dar în același timp au un rol important în transmiterea intracelulară a semnalelor

pentru stresul termo-hidric prin deschiderea canalelor pentru calciu din plasmalemă, formarea complexului calmodulin-calciu, activarea unor enzime, declanșarea cascadei de Ca^{2+}-dependent protein kinaze, activarea genelor specifice și declanșarea reacțiilor de răspuns (Matilla-Velasquez și Matilla, 2012). În același timp, speciile reactive de oxigen determină peroxidarea lipidelor membranale din care se sintetizează acidul jasmonic și modifică potențialul oxido-reducător celular.

3.4. TRANSMITEREA SEMNALELOR LA NIVEL CELULAR

Semnalele provenite de la receptori pot fi destinate aceleiași celule, celulelor dintr-un organ sau din întreaga plantă. Transmiterea semnalelor la nivel celular, de la mesagerii secundari, la factorii de transcripție, se realizează prin intermediul unor proteine (ex serin/treonin protein kinaze), a unor mesageri chimic (ex. hormoni) sau cu ajutorul unor proteine mici (smol proteins) care se pot deplasa prin citoplasmă și de la o celulă la alta, prin canalele intercelulare (gap junction)

La baza mecanismului de transmitere a semnalelor prin intermediul proteine kinazelor se găsește procesul de activare și dezactivare a acestora, prin fosforilări și defosforilări succesivă, proces la care participă și kinazele, fosfatazele și adenozin trifosfatul.

Lanțul de transmitere a semnalelor poate fi constituit din:

- Calciu dependent protein kinaza (CDPK).
- Calciu-calmodulin protein kinaza (CaM-kinază).
- Mitogen protein kinaza (MAPK).
- Calciu neurin (CBL).

Calciu dependent protein kinazele (CDPK), reprezintă o superfamilie de proteine, care se găsesc localizate în citoplasmă, membranele plasmatice, nucleu, reticulul endoplasmatic, peroxizomi și mitocondrii (Harper ș.a., 2004).

Activitatea acestora a fost determinată în plantele tinere, în perioada de creştere a ţesuturilor, dar şi în alte numeroase procese fiziologice. Un rol important al protein kinazelor constă în transmiterea semnalelor, în reacţiile de răspuns la acţiunea factorilor de stres: secetă, salinitate, lovituri şi temperatură coborâtă.

Aceste substanţe sunt serin/treonin protein kinazele, care au un domeniu amino terminal, un domeniu de joncţiune şi un domeniu reglator la care se leagă calciul. Sunt codificate de un număr mare de gene, care reprezintă 3 – 4 % din genomul plantelor.

Activarea receptorului de către factorii de stres determină modificarea conformaţională a proteinei G din receptor, care activează fosfolipaza ce descompune fosfolipidele membranale, cu formarea de diacil glicerol, care este activator al protein kinazei. Această enzimă catalizează transferul fosfatului de la acidul adenozin trifosforic (ATP) la serina sau treonina din Ca^{2+}-dependent protein kinaza, care se activează. Acxeasta transmite semnalul spre factorii de transcripţie, prin fosforilări şi defosforilări succesive (Figura 3.5.).

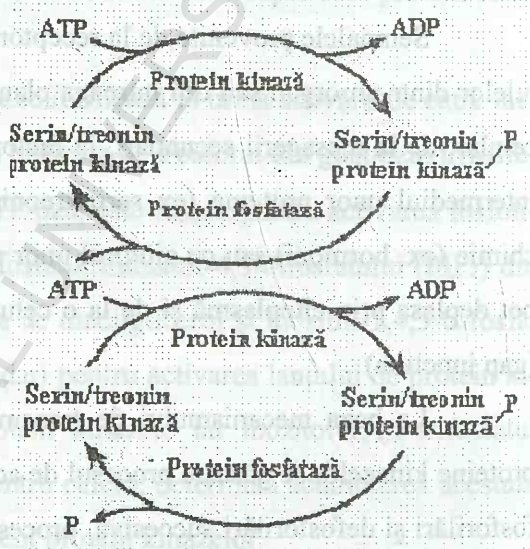


Fig. 3.5. Transmiterea semnalelor prinintermediul serin/treonin protein kinazelor

Protein kinazele mitogene (MAPK) reprezintă serin/treonin protein kinaze, care se găsesc în toate eucariotele şi transmit semnalele de la receptori, spre factorii de transcripţie şi nucleu.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Receptorii factorilor de stres activează MAP-kinazele prin fosforilarea rezidurilor de treonină și tirozină. Activarea MAP-kinazelor poate fi făcută și de Ca^{2+}-dependent protein kinaze (CDPKs) sau de speciile reactive de oxigen (Xiong ș.a., 2002).

Transmiterea informației se realizează printr-o cascadă de fosforilări și defosforilări succesivă a MAP kinazei: MAPKKK .... MAPKK ....MAPK (Figura 3.6.). Ultima activează factorii de transcripție, care induc expresia setului de gene implicate în sinteza unor substanțe cu rol în protecția la stresul hidric, salin și mecanic.

MAP-kinazele pot activa prin fosforilare și unele protein kinaze, fosfataze, lipaze etc., putând media numeroase răspunsuri la nivel celular.

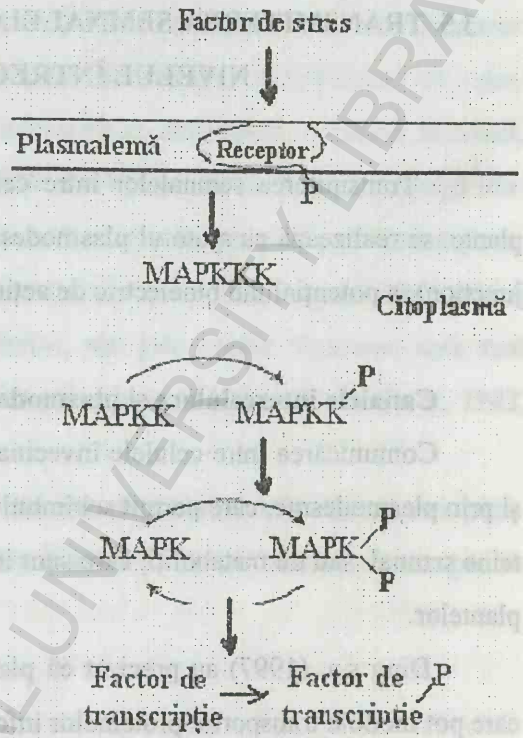


Fig. 3.6. Transmiterea semnalelor prin cascada de MAP-kinaze

Calciu neurin like (CBLs) sunt o familie de proteine care reprezintă senzori pentru calciu, localizați în membranele plasmatice, în citoplasmă și nucleu. Calciul mediază cuplarea cu o protein kinază (CIPKs), rezultând complexul CBL-CIPK, care se activează prin fosforilarea serinei din terminalul C al CBLs de către CIPKs cu care se cuplează, putând transmite astfel semnalele prin fosforilări și defosforilări succesive spre proteinele țintă.

SNF-1-kinazele sunt reprezentate de trei familii de protein kinaze (SnRK1, SnRK2 și SnRK3), care sunt activate prin fosforilarea serinei sau a

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

treoninei (Halford şi Hardie, 1998). În numeroase specii de plante au fost identificate astfel de protein kinaze care sunt activate şi intervin în stresul hidric.

3.5. TRANSMITEREA SEMNALELOR ÎNTRE CELULE SAU LA NIVELUL ÎNTREGII PLANTE

Transmiterea semnalelor între celule, ţesuturi sau la nivelul întregii plante, se realizează cu ajutorul plasmodesmelor, a canalelor de joncţiune (gap junction), a potenţialului bioelectric de acţiune şi a hormonilor.

Canalele intercelulare şi plasmodesmele

Comunicarea între celulele învecinate are loc prin canale (gap junction) şi prin plasmodesme, care permit schimbul direct de factori de transcripţie, proteine semnal sau de metaboliţi, care sunt implicaţi în reacţiile de aclimatizare a plantelor.

Ding ş.a. (1997) au precizat că plasmodesmele sunt co,plexe dinamice care pot modula transportul proteinelor informaţionale. Transportul este selectiv şi nu se realizează printr-un simplu proces de difuziune. Legarea proteinelor de compuşi ai plasmodesmelor, determină dilatarea canalelor de transport, care permit trecerea unor substanţe cu masa moleculară de 5 – 20 kDa, iar moleculele de actină şi miozină dispuse helicoidal în jurul desmotubulului, se pare că transportă activ proteinele.

Modificarea potenţialului de acţiune

În celulele plantelor, ionii de calciu şi de clor din citoplasmă, se află în echilibru electrochimic, iar diferenţa de concentraţie faţă de apoplast, determină ca celula să se comporte ca un acumulator, care generează un potenţial de membrană de circa -70 mV.

Stresul hidric, mecanic etc. determină creşterea concentraţiei de calciu din celulă, ca urmare a transportului acestuia din apoplast, reticulul endoplasmatic sau din vacuolă. Calciul reprezintă un mesager secundar, care activează canalele pentru efluxul clorului, ceea ce determină depolarizarea membranelor. Potenţialul de membrană se modifică în aceste condiţii, realizându-se un potenţial de acţiune de circa -120...-160 mV, care se propagă de la celulă, la celulă, transmiţând astfel semnalele la distanţă. Potenţialul de acţiune se propagă într-un ţesut, organ sau în întreaga plantă, se face în toate direcţiile, cu viteză şi amplitudine constantă. Transmiterea potenţialului de acţiune se poate face numai prin celulele prevăzute cu plasmodesme, sau prin vasele liberiene, care sunt prevăzute cu pori, dar nu se transmite prin xilem (Zawadski şi Trebacz, 1982, Trebacz ş.a., 2006).

Repolarizarea membranelor are loc după intrarea în funcţiune a pompelor electrogene (H^+-ATP-ază) şi deschiderea canalelor electrovoltaice pentru efluxul potasiului.

Hormonii

Hormonii liposolubili sau cei în stare gazoasă, străbat uşor membranele plasmatice şi se leagă de factori de transcripţie sau de proteine receptoare intracelulare, care activează genele.

Principalele substanţe hormonale implicate în acest proces sunt acidul abscisic, etilena, acidul jasmonic şi acidul salicilic.

Acidul abscisic

Stresul hidric sau salin determină şi biosinteza acidului abscisic, care este implicat în reglarea balanţei de apă a plantelor, prin acţiunea pe care o are în procesul de închidere a stomatelor şi în activarea genelor care induc toleranţa la deshidratarea celulelor în timpul perioadelor de secetă.

Stresul hidric determină modificarea concentrației sucului celular, a gradului de hidratare a macromoleculelor sau a conformației lor, constituind astfel un semnal pentru histidin kinazele HIK33 sau proteinele ATHK1 care funcționează ca osmosenzori. Semnalele transmise la nucleu prin intermediul protein kinazelor determină sinteza enzimelor care catalizează biodegradarea carotenilor cu 40 de atomi de carbon, cu formare de acid abscisic. Acest hormon este transportat rapid prin xilem și determină închiderea hidroactivă a stomatelor iar pe căile ciclului ABA sensibil și insensibil induce modificarea expresiei genelor și sintetiza enzimelor implicate în biodegradarea speciilor reactive de oxigen, în sinteza substanțelor osmoregulatoare și a proteinelor ce formează acvaporinele (vezi cap. 4.7.).

Sinteza acidului abscisic se desfășoară cu intensitate mai mare în rădăcini și tulpini

Etilena

Această substanță reprezintă hormonul de maturare al plantelor, dar se sintetizează și în condiții de stres, leziuni mecanice sau produse de patogeni. Se transportă cu ușurință, fiind o substanță în stare gazoasă care declanșează reacții specifice de apărare a plantelor.

În prezent se consideră că etilena nu acționează direct asupra modificării expresiei genelor, ci determină creșterea sensibilității țesuturilor la acțiunea altor substanțe hormonale.

Oxidul de azot

Oxidul de azot se formează în floem și este implicat în transmiterea pe această cale a semnalelor induse de stresul abiotic. Modul de acțiune a acestei substanțe constă în modificarea activității unor enzime, ca urmare a legării de către acestea și realizarea în felul acesta a unor semnale (Gauples ș.a., 2008).

3.6. FACTORII DE TRANSCRIPȚIE

Protein kinazele, MAP-kinazele și fosfatazele sunt implicate în procesul de transmitere a semnalele induse de factorii de stres, la factorii de transcripție, pe care îi activează. Prezența acestor substanțe a fost identificată în cloroplaste, mitocondrii, reticulul endoplasmatic și citoplasmă (Al-Whaibi, 2010).

Factorii de transcripție sunt proteine care se activează prin fosforilare în citoplasmă, sau în nucleu. Au trei domenii structurale: un domeniu de legare la ADN, un domeniu de activare a transcripției, un domeniu de legare a ligandului și au afinitate mare față de ADN. Un factor de transcripție are mai multe situsuri de fosforilare și poate activa mai multe gene, dar există și cazul când mai mulți factori de transcripție pot activa numai o singură genă.

Factorii de transcripție se leagă de secvența cis-reglatoare specifică a ADN-ului și activează procesele legate de transcripție, în urma căruia rezultă ARNm specific implicat în reacțiile de toleranță la stres.

Sunt cunoscuți mai mult de 30 de factori de transcripție generali (GTFs) care împreună cu ARN-polimeraza participă la transcripția genelor și peste 1.500 de factori de transcripție, care sunt codificați de genele homeobox, implicate într-un anumit proces.

Factorii de transcripție pot fi: factori de transcripție la stres osmotic: bZip (basic leucine zipper domain), DREB2 (dehydration-responsive element), CBF1 (C-promoter binding factor-1), factor de transcripție ca răspuns la etilenă: AP2/ERF (APETALA2/ethylene responsive factor), factor de transcripție pentru acid abscisic: MYC/MYB, DREB2/CBF, bZip, ABRE (ABA responsiv element), factor de transcripție pentru jasmonat (proteine din domeniul AP2).

Factorii de transcripție pentru proteinele de stres termic: Hsf (heat shock factor) au fost clasificați de Nover și Schaft (1997) în trei grupe, în funcție de domeniul de oligomerizare: HsfA1, HsfA2, HsfA3 și HsfB1. Mishra ș.a. (2002) au precizat că în familia complexă de factori de transcripție a șocului

termic din plantele de *tomate*, are cel puțin 17 membrii iar factorul de transcripție HsfA1 are funcția unică de reglare pentru inducerea termorezistenței. După Baniwal ș.a. (2004) factorul de transcripție HsfA1 are rol reglator de induce rezistența la stres termic și pentru sinteza factorilor de transcripție HsfA2 și HsfB1. În cazul plantelor *de tomate*, Von Koskul-Doring ș.a. (2007) au precizat că există 15 astfel de factori de transcripție.

După Scheel și Wasternack (2003) plantele conțin numeroși factori de transcripție pentru stresul hidric. Dintre aceștia sunt menționați: bZIP (basic region zipper proteins), AP2/EREBP (AP2/EREBP proteins), HD-Zip (homeodomain-leucine zipper proteins), MYB (MYB proteins), bHLH (basic helix-loop-helix proteins), ABI3/VP1 (ABI3/VP1 proteins) etc.

În lucrarea de sinteză elaborată de Scheel și Wasternack (2002) se menționează că au fost identificați factorii de transcripție pentru șocul termic, la: *Arabidopsis thaliana, Lycopersicon peruvianum, Medicago sativa și Pisum sativum.*

3.7. ACTIVAREA GENELOR

Acidul dezoxiribonucleic este format din două lanțuri complementare de nucleotide, sub formă de spirală, care formează legături de hidrogen între adenina și timina, guanina și citozina din bazele pare. Informația genetică se găsește în gene (circa 20.000 în *Arabidopsis*), care reprezintă fragmente de ADN, alcătuite dintr-un număr de nucleotide (500 – 1.500), care asigură sinteza unei secvențe de aminoacizi și se găsește într-un locus specific al ADN-ului.

Shinozaki ș.a. (2003) menționează că numai un singur factor de stres, stresul hidric, determină activarea și represia unui mare număr de gene, implicate în reglarea proceselor fiziologice și în asigurarea strategiei de supraviețuire. Seki ș.a. (2002) au monitorizat expresia a 7000 de gene induse de secetă, salini-

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

tate şi de temperaturi scăzute, din *Arabidopsis* şi au precizat că în cazul stresului produs de secetă are loc expresia a 277 gene şi represia altor 79 gene.

Cercetările efectuate până în numeroase ţări au condus la identificarea a 299 gene implicate în stresul hidric, 54 gene implicate în stresul termic, 213 gene implicate în stresul salin şi 245 gene induse de acidul abscisic.

Factorul de transcripţie se leagă de gena corespunzătoare iar ARN-polimerază, catalizează ruperea legăturilor de hidrogen dintre cele două catene de ADN, între un **promotor** la extremitatea 5' şi un **terminator** la extremitatea 3'. ADN-ul îşi reface fragmentul care s-a desprins, în timp ce fragmentul desprins din ADN, formează un ARNm, care este transportat prin porii membranei nucleare în citoplasmă. Acesta se fixează pe suprafaţa poliribozomilor şi în procesul de translaţie, codifică sinteza unei proteine specifice, care contribuie la aclimatizarea plantei la factorul de stres.

Reglarea sintezei proteinelor specifice se face nu numai prin activarea genelor corespunzătoare, ci şi la nivelul transcripţiei, al procesării, transportului, translaţiei şi al controlului selectiv al biodegradării ARNm (Demiral, ş.a., 2011).

Activarea genelor specifice, ca urmare a legării factorilor de transcripţie de regiunea promotoare a acestora, determină o gamă largă de reacţii de răspuns, la acţiunea factorilor de stres din mediul ambiant. Aceasta se datorează faptului că transmiterea informaţiilor se face pe mai multe căi, ceea ce poate să determine expresia unui număr mare de gene şi de răspunsuri.

Reglarea genetică a răspunsului la acţiunea factorilor de stres se realizează nu numai la nivelul transcripţiei, ci şi a posttranscripţiei, translaţiei şi posttranslaţiei. Din această cauză, răspunsul la acţiunea unui factor de stres, poate fi foarte variată.

În general, proteinele codificate fac parte din două categorii: proteine cu rol de protecţie şi protein enzime.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Proteinele cu rol de protecție pot fi:

- Cu rol în protecția la denaturare a proteinelor celulare și în refacerea structurii acestora: proteine de stres termic (Hsp) și osmotin.
- Proteine hidrofile, cu rol în reținerea apei în celule: ex. proteinele LEA
- Proteine care intervin în transportul apei: acvaporine (care formează canalele proteice pentru apă).

Protein enzimele au funcții diferite:

- Protein enzime ce catalizează sinteza de substanțe cu rol în osmoprotecția celulelor, așa cum sunt: prolina, glicin betaina, poliolii etc.
- Protein enzime ce descompun speciile reactive de oxigen: superoxiddismutaza (SOD) și peroxidaza (PX).

Prin aceste mecanisme plantele protejează proteinele celulare de denaturare, refac structura terțiară a acestora și se restabilesc homeostazia celulară.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

4. REACȚIILE DE RĂSPUNS LA STRESUL TERMIC ȘI HIDRIC - ACLIMATIZAREA PLANTELOR HORTICOLE

Maria-Magdalena Zamfirache, Burzo, I., Aurelia Dobrescu

4.1. Sinteza proteinelor de şoc termic (HSPs) 127
4.2. Sinteza proteinelor LEA (late embryogenesis abundant proteins) 135
4.3. Sinteza de sARNs (smol-ARNs) 141
4.4. Sinteza de substanțe osmotic active 141
4.5. Sinteza acvaporinelor 149
4.6. Sinteza enzimelor și a substanțelor antioxidante 150
4.7. Sinteza hormonilor implicați în stresul hidric 155
4.8. Sinteza de poliamine 164

Stresul produs de temperaturile ridicate şi seceta se manifestă de cele mai multe ori simultan, în timpul verii şi acesta este însoțit deapariția unor factori de stres secundari, cum sunt creşterea intensității radiațiilor solare şi salinizarea soluției solului. Modificările care au loc în mediul ambiant sunt sesizate de către receptori specifici, care declanşează procesele de protecție, cunoscute sub denumirea de reacții de aclimatizare, care asigură protecția comună la acțiunea dăunătoare a acestora.

Reacțiile plantelor la acțiunea acestor factori de stres sunt deosebit de complexe. Pe de o parte, factorii de stres stimulează unele procese (ex. sinteza radicalilor liberi) şi inhibă alte procese (ex. fotosinteza). În acelaşi timp determină realizarea unor reacții pasive de protecție aşa cum sunt închiderea pasivă a stomatelor, modificarea poziției frunzelor față de radiațiile solare, ofilirea etc.

Expunerea plantelor sensibile, la temperaturi şi umidităţi apropiate de cele cu efect de stres, determină **aclimatizarea** acestora, care constă în realizarea unor modificări active, coordonate genetic, prin care plantele realizează toleranţa la factorii de stres, modificări care nu sunt transmise la urmaşi. La realizarea reacţiilor de aclimatizare participă receptorii specifici, lanţul de transmitere a semnalelor, factorii de transcripţie şi genele specifice implicate în realizarea acestor reacţii.

Shinozaki şi Yamaguchi-Shinozachi (1997) menţionează că stresul termo hidric determină inducţia genelor care codifică enzimele implicate în sinteza proteinelor cu rol protector (proteinele de stres termic, proteinele LEA şi osmotin), a substanţelor osmoprotectoare (glucide solubile, prolină, glicin betaină, polioli etc.), a acvaporinelor implicate în transportul apei prin membranele plasmatice, a hormonilor (acid abscisic şi etilenă), a enzimelor implicate detoxifierea celulelor (catalază, superoxid-dismutază, glutation-S-transferază) şi a substanţelor antioxidante.

Procesul de aclimatizare determină creşterea toleranţei plantelor la expunerea ulterioară la condiţii de stres termo hidric mai sever. Kay ş.a. (1981) şi Jenks şi Hasegawa (2005) au constatat că reacţiile de aclimatizare la stresul termic se declanşează când temperatura ambiantă este mai mare cu 5 – 10 °C faţă de valoarea optimă pentru creşterea plantelor. Rezultate asemănătoare au obţinut şi Lin şi Key (1984) care au constatat că aclimatizarea la stresul termic se poate realiza prin expunerea plantelor la un şoc termic scăzut. Acesta a determinat modificarea expresiei genelor şi sinteza de proteine de şoc termic, care au împiedicat denaturarea proteinelor celulare, sub acţiunea temperaturi de 45 °C.

Principalele modificări care au loc pe parcursul perioadei de aclimatizare a plantelor la stresul termo-hidric sunt următoarele:

4.1. SINTEZA PROTEINELOR DE ŞOC TERMIC (HSPS)

Alterarea conformaţia tridimensională a proteinelor şi implicit pierderea funcţiilor specifice ale acestora (enzimatice, receptoare, transportoare etc.), este unul dintre principalele efecte negative ale stresului termic, care poate conduce la moartea celulelor.

Şocul termic moderat permite aclimatizarea plantelor şi supravieţuirea acestora în condiţii de stres termic mai sever prin sinteza proteinelor de şoc termic. Aceste proteine de dimensiuni mici, au rolul de a proteja structura tridimensională a proteinelor, împiedică agregarea ireversibilă a proteinelor denaturate, recunosc şi leagă proteinele denaturate aflate în stadiu inactiv şi favorizează replierea acestora.

Sinteza proteinelor de şoc termic este un proces complex care include recepţia stresului termic de către senzori specifici: histidin kinazele HIK33 sau AtHK1 care funcţionează ca osmosenzori.

Histidin kinazele activează proteinele G prin fosforilarea subunităţii α care conţine guanozin trifosfat. Aceasta se separă de celelalte două subunităţi ale proteinei G şi activează fosfolipaza C, care catalizează reacţia de descompunere a fosfolipidelor membranale, cu formarea de inozitol trifosfat şi diacil glicerol. Inozitol trifosfatul este solubil în apă şi difuzează spre receptorii din canalele de calciu, situate în membranele reticulului endoplasmatic, plasmalemă sau tonoplast, pe care îi activează determinând deschiderea acestor canale (Figura 2.14.).

Transportul calciului în citoplasmă favorizează formarea complexelor calmodulin-calciu care în prezenţa protein kinazei activează prin fosforilare cascada de MAP-kinaze. Prin fosforilări şi defosforilări succesive informaţia este transmisă la factorii de transcripţie, care în celulele neexpuse stresului termic, se găsesc sub formă de monomeri, care sunt asociaţi cu proteinele HSP70 (Bray ş.a., 2000).

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

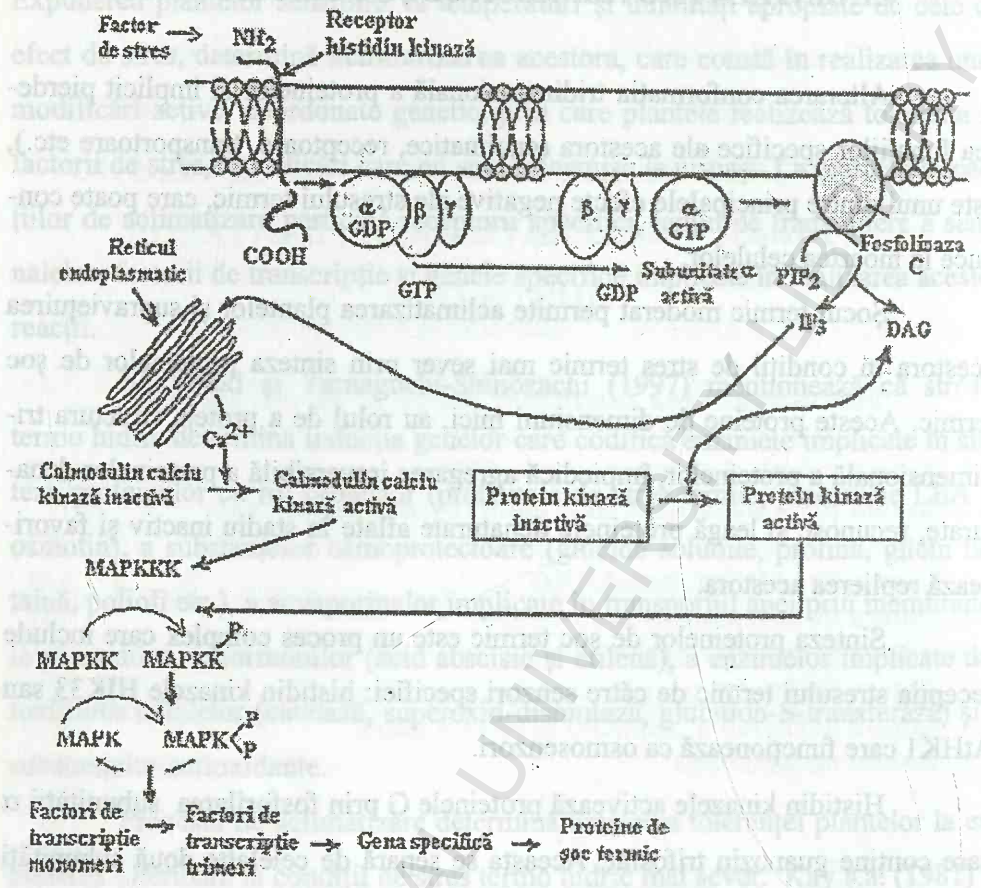


Fig. 4.1. Schema procesului de sinteză a proteinelor de șoc termic

După expunerea la șocul termic, factorii de transcripție se disociază de proteinele HSP70 și se asamblează în trimeri care se leagă de secvența specifică cis-reglatoare a ADN-ului și activează transcripția genei implicate în reacția de răspuns (Schlesinger ș.a., 1982, Basra, 1994). După transmiterea mesajului, trimerii sunt fosforilați, ceea ce favorizează legarea proteinei HSP70, după care se disociază de proteină și se defosforilează, revenind la stadiul inițial de monomer.

Factorii de transcripție sunt numeroși și pot fi:

Factori de transcripție pentru șoc termic (HSF) care fac parte din familiile AP2/EREBP și bZIP determină expresia genelor care codifică proteinele de șoc termic.

Vierling (1991) apreciază că după 1 – 2 ore de la acțiunea stresului termic asupra plantelor, are loc expresia genelor hsps care determină sinteza rapidă a unui nou ARNs mesager ce codifică noi proteine (HSPs), proteinele de șoc termic.

Prezența proteinelor de șoc termic a fost identificată în numeroase organite celulare și diferite specii de plante și animale (Waters și Vierling, 1999). Astfel, după expunerea la șocul termic a plantelor de *tomate,* Zhao ș.a. (2006) au identificat în **reticulul endoplasmatic** prezența unei proteine mici cu greutatea moleculară de 21,5 kDa.

Liu și Shono (1999) au identificat prezența în **mitocondriile** plantelor de *tomate* a unei proteine de șoc termic cu greutatea moleculară de 23,8 kDa, iar Yang ș.a. (2006) au identificat prezența în **cloroplastele** plantelor de *tomate* a unei proteine cu greutatea moleculară de 100 kDa. Numeroase proteine de șoc termic au fost identificate și în citoplasmă.

Dubey (1999) menționează că stresul termic determină sinteza unor proteine de șoc termic în citoplasmă (HSP-60, HSP-70, HSP-81 și HSP-90 kD), precum și în mitocondrii și alte organite (HSP-18, HSP-20, HSP-22, HSP-24, HSP-60, HSP-70 și HSP-90). Dintre acestea, HSP-60 și HSP-70 se găsesc frecvent în citoplasma mitocondriile și cloroplastele din plantele nestresate, iar cantitatea lor crește, sub acțiunea stresului termic. Proteinele de șoc termic HSP-17 și HSP-30 sunt codificate de o familie de 6 gene nucleare, se acumulează în timpul stresului termic și se leagă de proteinele parțial denaturate, prevenind agregarea lor ireversibilă.

Proteinele de șoc termic au fost clasificate în funcție de masa moleculară și autor în 5 sau 6 familii (Mahmood ș.a., 2010, Al-Whaibi, 2010, Amudha și Balasubramani, 2011). Schoffl ș.a. (1998) a clasificat aceste proteine în funcție de masa moleculară, în următoarele 5 familii: HSP-20, HSP-60, HSP-70, HSP-90 și HSP-100.

HSP-100 au greutatea moleculară cuprinsă între 100 și 114 kDa, se acumulează în citoplasmă și sunt corelate cu solubilizarea și reactivarea proteinelor agregate. Prezența lor se corelează direct cu toleranța la temperaturi ridicate.

HSP-90 au greutatea moleculară cuprinsă între 80 și 94 kDa, se acumulează în citoplasmă și reticulul endoplasmatic și au rol de caperoni moleculari care previn denaturarea termică și agregarea proteinelor și facilitează repliere a proteinelor denaturate.

HSP-70 au greutatea moleculară cuprinsă între 69 și 71 kDa și se acumulează în citoplasmă, cloroplaste, mitocondrii și reticulul endoplasmatic. Sunt implicate în transportul proteinelor și sunt caperoni moleculari dependenți de ATP, previn agregarea noilor proteine sintetizate și intervin în plierea sau asamblarea acestora. Au un rol esențial în protecția celulelor la stresul termic.

HSP-60 au greutatea moleculară cuprinsă între 10 și 60 kDa, se acumulează în mitocondrii și cloroplaste, previn agregarea și denaturarea proteinelor și intervin în replierea acestora.

HSP-20 sau sHSP au greutatea moleculară cuprinsă între 15 și 30 kDa, sunt cele mai răspândite proteine de șoc termic, care se găsesc în nucleu, citoplasmă, cloroplast, reticulul endoplasmatic și mitocondrii. Acestea leagă proteinele parțial denaturate, previn agregarea lor ireversibilă, stimulează replierea, stabilizează microfilamentele și au acțiune antiapoptotică (Kregel, 2002).

După Al-Whaibi (2010), din această grupă de substanțe face parte și ubichitina, o proteină reglatoare de dimensiuni mici (8,56 kDa). Aceasta biodegradează proteinele lezate ireparabil, cu posibilitatea de reutilizare a aminoacizilor (Mahmood ș.a., 2010).

Ubichitina se leagă printr-o legătură izopeptidică de reziduul de lizină al proteinei țintă, modificând-o post-translațional, printr-un proces care se realizează în trei etape, fiecare etapă fiind catalizată de o enzimă specifică (E1, E2 și E3). În multe cazuri moleculele de ubichitină se leagă de moleculele de proteină

ubichitilate anterior, rezultând lanțuri de asemenea substanțe. Dacă aceste lanțuri de proteine conțin mai mult de trei molecule de ubiquitină, proteinele țintă sunt biodegradate rapid, de către proteozomii 26S, cu formarea de polipeptide mici, de oarece legătura ubichitin - ubichitin poate servi ca semnal proteolitic (Kirkpatrick ș.a., 2006). În continuare, substratul poliubichitilat este deubichitilat de către proteozomi sau proteaze asociate. Ubichitina liberă se poate atașa de alte proteine, în timp ce proteina deubichitilată este scindată în peptide mici. Acestea pot fi hidrolizate, în prezența proteazelor, cu punerea în libertate a aminoacizilor.

Cercetările recente au precizat că descompunerea proteinelor, cu formarea de peptide mici și aminoacizi, constituie o cale de protecție a celulelor la acțiunea stresului biotic și abiotic, iar sistemul ubichitină/proteozomi (UPS) este implicat în realizarea reacțiilor de răspuns, la acțiunea acestor factori (Dreher și Callis, 2007).

Rolul proteinelor de șoc termic este foarte divers. Astfel, proteinele de șoc termic din mitocondrii și cloroplaste protejează lanțul transportor de electron, unele previn agregarea proteinelor din celule, altele favorizează replierea acestora, ajută la stabilizarea proteinelor parțial depliate, participă la realizarea conformației specifice a proteinelor. Proteinele de șoc termic se leagă de proteinele care datorită stresului nu au conformația naturală, modifică această conformație în prezența ATP-ului, eliberează proteina, care în prezența altei proteine de șoc termic revine la structura normală (Mahmood ș.a., 2010).

Proteinele de șoc termic au rolul unor chaperoni moleculari care împiedică agregarea proteinelor, recunosc și leagă proteinele denaturate aflate în stadiu inactiv și favorizează replierea acestora.

Neumann ș.a. (1995) au precizat că proteinele de șoc termic formează granule în citoplasmă care stabilizează proteinele și împiedică agregarea lor ireversibilă. Harndahl ș.a. (1999) au constatat că plantele expuse la temperaturi ridicate sintetizează proteine de șoc termic cu greutatea moleculară de 21 kDa,

care împiedică agregarea proteinelor, iar după Lee ş.a. (1997) acestea le menţin în formă nenativă, starea în care pot fi pliate din nou. Aceste proteine stabilizate pot reveni la forma nativă, printr-un mecanism de repliere, în care este implicată proteina HSP-70 (Lee şi Vierling, 2000). În timpul stresului sever, se formează complexe insolubile. Proteinele HSP-100 au rolul de a resolubiliza aceste agregate şi transferă proteinele eliberate din complexele insolubile, la mecanismul de repliere HSP-70/ HSP-40 (Schirmer ş.a., 1996). Gurley (2000) menţionează că Hsp-100 nu este utilizată de toate organismele pentru a solubiliza agregatele proteice iar la unele specii, rolul proteinelor HSP-100 este preluat de proteine HSP cu greutate mai mică.

Proteinele de şoc termic au fost identificate în numeroase specii de plante horticole, care au fost expuse la un stres termic moderat. Sanchez ş.a. (1992) consideră că stresul termic sever, care de obicei este letal pentru plante, poate fi tolerat pentru perioade scurte de timp, dacă acestea au fost expuse iniţial la o preadaptare. Aceasta constă în expunerea în prealabil la condiţii de stres moderat, care determină sinteza proteinei HSP-101, care optimizează termotoleranţa.

Temperaturile cuprinse între 30 şi 42 °C, au determinat biosinteza în plantele de *mazăre* a proteinelor de şoc termic, cu greutatea moleculară mică (17,9 şi 18,1 kDa), care sunt codificate de doi cADNs: hsp-18,1 şi hsp-17,9. Din punctul de vedere al compoziţiei în aminoacizi, aceste proteine sunt asemănătoare în proporţie de 80,8 - 92,9 % cu cele produse de alte plante angiosperme, în condiţii similare de temperatură (DeRocher ş.a., 1991). După Lee ş.a. (1995) proteinele de şoc termic din această specie au greutatea moleculară cuprinsă între 15 şi 30 kDa şi se acumulează în citoplasmă. Lenne şi Douce (1994) au constatat că după 3 ore de expunere a plantelor de *mazăre* la temperatura de 40 °C a avut loc sinteza proteinelor de şoc termic cu greutatea moleculară de 22 kDa, care se acumulează numai în mitocondrii şi reprezintă 1 - 2 % din proteinele din matricea acestui organit.

Gui şi L (1998) au evidenţiat prezenţa în plantele de *mazăre* expuse la stresul hidric, prezenţa în plastide, mitocondrii, citoplasmă şi reticulul endoplasmatic a cel puţin 4 proteine HSP-70.

Temperatura ridicată a solului (35 - 40 °C), stimulează sinteza a 14 proteine de şoc termic în soiurile rezistente de *fasole* şi a 6 proteine în cele sensibile (Michiels ş.a., 1994).

Plantele de *pătlăgele vinete* (*L. melongena*) expuse la temperaturi ridicate sintetizează 13 proteine de şoc termic, în timp ce *Lycopersicon pennellii* sintetizează doar 3 astfel de proteine. În cazul primei specii durata de sinteză a proteinelor de şoc termic este mai lungă, iar revenirea la normal este mai rapidă, comparativ cu cea de a doua specie. La ambele specii sinteza acestor proteine este indusă de temperatura de 30 °C şi are un maximum la temperatura de 37 °C (Fender şi O'Connell, 1990).

Shono ş.a. (2002) au constatat că temperatura de 36 °C reprezintă limita de prag pentru sinteza în mitocondriile *tomatelor* a unei proteine de şoc termic cu greutatea moleculară de 23,8 kDa. Acumularea acestei proteine în frunzele de *tomate* este abundentă, la temperatura de 40 °C.

Neumann ş.a. (1993) au identificat în plantele de *tomate* expuse la stresul termic o proteină HSP68 care este sintetizată în mitocondrii şi care se acumulează în toate ţesuturile plantelor.

În plantele de *tomate,* Yang ş.a. (2006) au identificat prezenţa genei HSP-100/ClpB, un nou membru al familiei ClpB (HSP-F84,1). Un omolog care codifică sinteza proteinei de şoc termic LeHSP-100/ClpB a fost clonată în plantele de tomate, care ulterior au fost expuse stresului termic. În aceste plante s-a identificat imunologic prezenţa unei proteine cu greutatea moleculară de 97 kDa, care a fost omoloagă cu proteina de şoc termic LeHSP-100/ClpB. Prezenţa ambelor proteine a fost identificată numai în plantele expuse la stresul termic şi se consideră că acestea contribuie la realizarea termotoleranţei la acţiunea acestui factor.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Sun ş.a.(2006) au identificat în plantele de *tomate* o genă sensibilă la stresul termic, care a fost denumită LeftsH6 şi care codifică sinteza unei proteine de şoc termic. Expresia acestei gene a fost mediată de interacţiunea dintre promotorul LeftsH6, factorul de şoc termic (HSFA2) şi elementele de şoc termic (HSEs) din secvenţa de flanc -5' a acestei gene.

Ahn ş.a. (2003) au studiat relaţia dintre termotoleranţă şi expresia proteinelor de şoc termic, la două soiuri de *cartof* sensibile şi două tolerante la şocul termic: Norchip şi Désirée. La temperatura de 40 °C, soiurile rezistente au prezentat o creştere a conţinutului de proteine de şoc termic cu greutatea moleculară de 18 kDa, faţă de cele două soiuri sensibile la care acestea au prezentat o diminuare după 4 – 12 ore. La temperatura de 35 °C, conţinutul de HSP-18 din plantele de cartof rezistente creşte iniţial, scade după 12 – 18 ore şi prezintă o nouă creştere după 40 de ore.

Rickey şi Belknap (1991) au determinat în tuberculii de *cartof* expuşi stresului termic prezenţa ARNm care codifică sinteza proteinei de şoc termic HSP-70.

Temperaturile ridicate constituie un factor de stres pentru plantele *bostănoase,* adaptarea la aceste condiţii realizându-se prin sinteza proteinelor de şoc termic. Wimmer ş.a. (1997) au constatat că în aceste condiţii *pepenii verzi* au biosintetizat două proteine de şoc termic cu greutatea moleculară de 70 şi 72 kDa.

Plantele de *viţă de vie* reacţionează le şocul termic sintetizând proteine proteine de şoc termic. Morrell ş.a. (1997) au expus segmente de lăstari cu frunze, la temperaturi de 35 °C, 40 °C, 45 °C şi 50 °C, timp de 4 ore, şi au constatat prezenţa în frunze a unor noi proteine cu greutatea moleculară cuprinsă între 15 şi 30 kDa. Efectul a fost mai puţin pronunţat la temperatura de 35 °C (12 proteine) şi la temperatura de 45 °C (17 proteine). Temperatura de 50 °C a fost letală pentru *viţa de vie*. Mugurii de *viţă de vie* aflaţi în stare de dormanţă care au fost expuşi timp de 30 de minute la temperatura de 45 °C au evidenţiat

prezența a 112 noi proteine, față de 32 determinate la mugurii expuși la temperatura de 23 °C.

Ritenour ș.a. (2001) au identificat în epicarpul merelor din soiurile: Fuji, Jonagold, Criterion, Gala și Delicious prezența unor proteine de șoc termic de dimensiuni mici (15 – 29 kDa), după 48 ore de la expunerea la temperatura de 45 °C.

Acestea au fost prezente până în faza de recoltare a merelor. În condiții de câmp, proteinele de șoc termic au fost determinate în cantitate mai mică în fructele umbrite, comparativ cu cele însorite și au avut conținutul maxim la data de 13 iulie, 13 august și 10 septembrie, corelat cu zilele cele mai călduroase.

4.2. SINTEZA PROTEINELOR LEA (LATE EMBRYOGENESIS ABUNDANT PROTEINS)

Stresul osmotic indus de secetă determină sinteza unor proteine abundente în embriogeneza târzie (LEA), care se sintetizează și se acumulează în timpul perioadei de maturare a embrionilor seminali (deshidratarea semințelor), precum și în diferite țesuturi ale plantelor expuse la stresul hidric.

Sinteza proteinelor LEA, ca și cea a proteinelor de stres termic este rezultatul unui proces complex. Osmosenzorii de tipul histidin kinazelor (HK1) și serin/treonin protein kinazelor din rădăcini, recepționează cu domeniul extracelular stresul hidric, ceea ce determină autofosforilarea domeniului intern, prin preluarea grupării fosfat de la ATP. Ulterior osmosenzorul cedează gruparea fosfat proteinelor G sau lanțului de proteine ce transmit semnalele.

Când proteina receptoare din plasmalemă cedează fosfatul proteinei G, aceasta se scindează și eliberează subunitatea α, iar prin fosforilare guanozin difosfatul din aceasta, rezultă guanozin trifosfatul (Figura 2.15.). Fosforul din guanozin trifosfatul subunității α este eliberat de GTP-ază și este utilizat pentru

activarea fosfolipazei C, care catalizează hidroliza fosfatidilinozitol-4,5-difosfatului (PIP_2) din membranele plasmatice cu formarea de diacilglicerol și inozitol-1,4,5-trifosfat (IP_3).

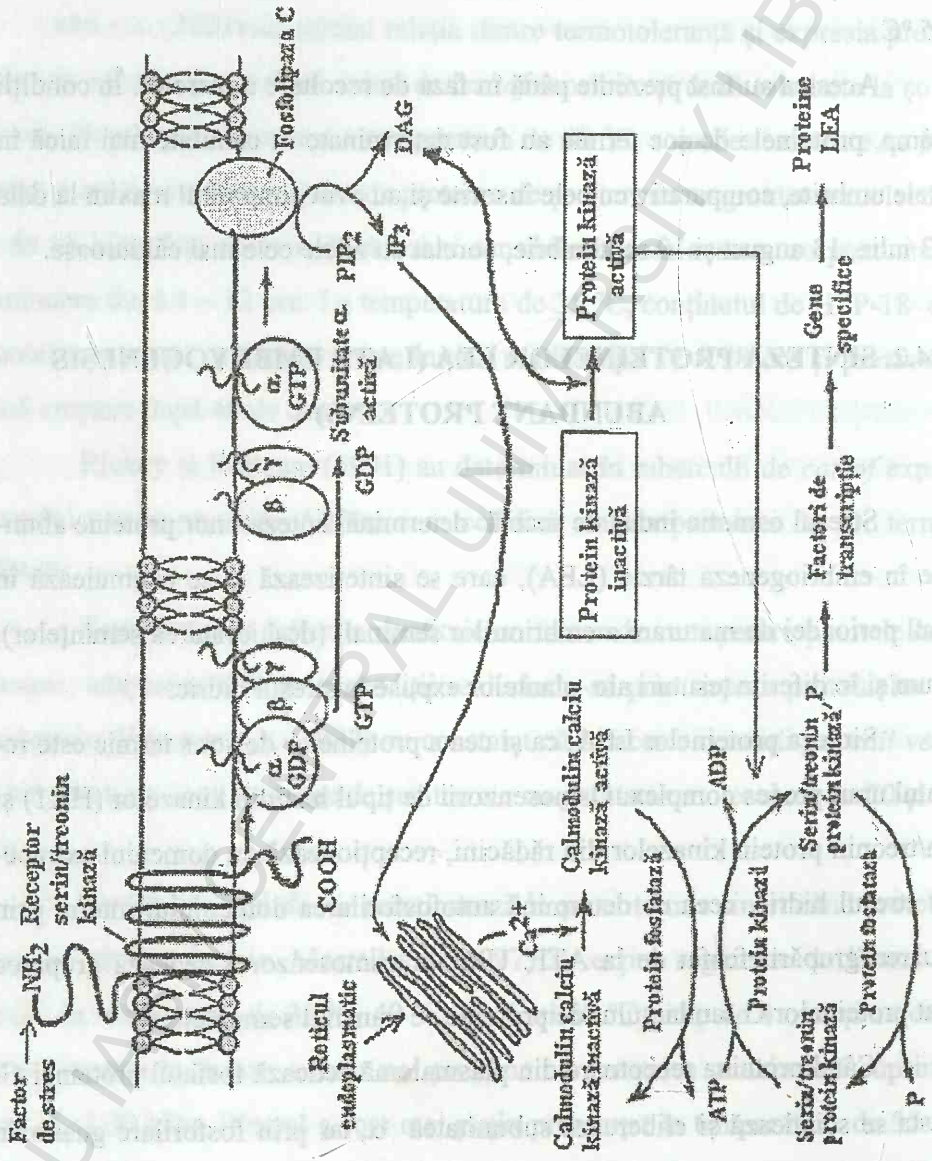


Fig. 4.2. Schema de transmitere a semnalelor de la receptori, la factorii de transcripție

Aceste două substanțe reprezintă mesageri secundari care activează lanțul de protein kinaze (Heilmann ș.a., 2000, Xiong ș.a., 2002). În final guanozin difosfatul și cele trei subunități, refac proteina G.

Osmosenzorii pot ceda fosfatul Ca^{2+}-dependent protein-kinazelor, care în prezența fosfatazelor, transmit semnalele prin fosforilări și defosforilări succesive factorilor de transcripție (MYB, MYC, EREBP/AP2, bZIP). Aceștia sunt proteine cu afinitate mare față de ADN, care au trei domenii structurale: un domeniu de legare la ADN, un domeniu de activare a transcripției și un domeniu de legare a ligandului.

Activarea unor factori de transcripție (bZIP, MYB/MYC) și a genelor specifice (ABRE, MYBR/MYCR) poate să aibă loc în lipsa acidului abscisic (ciclul ABA-independent) în timp ce alți factori de transcripție (DREB/CBF) și genele specifice a acestora (DRE/CRT) se pot activa numai în prezența acidului abscisic (ciclul ABA-dependent). Ca urmare, pentru realizarea acestui ciclu este necesară sinteza prealabilă a acidului abscisic. În acest caz, lanțul de proteine transportoare activează factorii de transcripție ABF1 și AREB2/ABF4, care la rândul lor activează genele care codifică sinteza enzimelor implicate în producerea acidului abscisic din caroteni cu 40 atomi de carbon: ZEP (zeaxantin oxidază), NCED (9-cis-epoxicarotenoid-dioxigenază), AAO (ABA-aldehid oxidază), MCSU (MoCo-sulfurază) și SDR (alcool dehidrogenază/reductază).

Sinteza acidului abscisic are două efecte: stimulează ciclul ABA-dependent și determină închiderea hidroactivă a stomatelor.

Activarea genelor specifice de către stresul hidric determină realizarea unor reacții de aclimatizare complexe care constau în sinteza de proteine LEA, de substanțe osmotic active, acvaporine, enzime și substanțe antioxidante.

Proteinele LEA au masă moleculară mică (10 – 30 kDa) și se acumulează în cantitate mai mare în citoplasmă (Rorat, 2006), dar și în plastide (Singh, ș.a., 2005), în nucleu (Goday ș.a., 1994), în reticulul endoplasmatic (Lee ș.a., 2000) și în membranele plasmatice (Sales ș.a., 2000).

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

De exemplu proteina LEA D7 se acumulează în citoplasma celulelor embrionului în concentrație de 0,38 mM, ceea ce reprezintă circa 4 % din proteinele citoplasmatice (Ingram și Bartles, 1996).

Proteinele LEA au fost identificate în mai mult de 30 de specii de plante de cultură (Campbell și Close, 1997) și se acumulează în plantele expuse la stresul hidric, stresul salin, la stresul produs de temperaturile coborâte și ca răspuns la acțiunea acidului abscisic. Acumularea acestor substanțe contribuie la realizarea toleranței la deshidratare.

Shih ș.a. (2008) au constatat că cele mai multe proteine LEA nu au structură secundară sau terțiară când se găsesc în soluția din celule, sau pot avea câteva helixuri. Din aceste considerente sunt considerate ca proteine intrinseci, hidrofile, nestructurate.

Proteinele LEA sunt proteine mici, cu un conținut ridicat de glicină sau lizină, care au un grad ridicat de hidrofilie și pot lega apa, micșorând pierderea acesteia în condiții de stres.

Proteinele LEA au fost clasificate de Battaglia ș.a. (2008) în 7 grupe, de Lee ș.a., (2000). în 6 grupe iar de Bray ș.a. (2000) și Shih ș.a. (2008) în cinci grupe, în funcție de secvențele de aminoacizi care se repetă: grupa 1 cuprinde familia D19, grupa 2-a cuprinde familia D11 (dehidrinele), grupa 3-a cuprinde familia D7, grupa 4-a cuprinde familia D113 și grupa 5-a cuprinde familia D95. Majoritatea proteinelor LEA fac parte din grupa a doua.

Dehidrinele (DHNs) sunt proteine frecvent întâlnite în semințe, dar și în plantele expuse la stresul hidric. La nivel celular, prezența acestora a fost identificată în citoplasmă, nucleu, membrane, mitocondrii, reticul endoplasmatic și vacuole. Genele care codifică aceste proteine au fost identificate numai în țesuturile vegetative ale plantelor (Shih ș.a., 2008).

Dehidrinele au rolul de a reține apa în celule, protejează structura membranelor și împiedică coagularea proteinelor celulare în condiții de stres hidric și mențin integritatea structurală a celulelor (Campbel și Close, 1997).

Aceste proteine sunt codificate de familia de gene *Dhn* şi se acumulează în perioada de maturare (deshidratare) a seminţelor sau în plantele expuse la factorii de stres.

Ofilirea frunzelor de *mazăre* în timpul stresului hidric, determină acumularea acidului abscisic care induce formarea unui ARNm ce codifică sinteza dehidrinelor, care participă la realizarea procesului de adaptare a plantelor de mazăre la condiţiile de secetă (Hey ş.a., 1997).

Park ş.a. (2003) au identificat în plantele de *ardei*, soiul Pukang, expus la stresul termic, expresia genelor *Ca-LEAL1*, care codifică sinteza unei proteine atipice Ca-LEAL1, omoloagă cu proteinele LEA. Se apreciază că aceasta are rol în adaptarea plantelor de ardei la stresul hidric.

Campalans ş.a. (2001) au analizat proteinele care se sintetizează în embrionul seminţelor de *migdal,* în timpul maturării acestora. Autorii au constatat că există o singură genă care codifică proteina Parab 21, care aparţine familiei de proteine LEA-D11 şi se aseamănă cu proteinele RAB/dehidrin. Expresia genelor care codifică proteina Parab 21 se manifestă în timpul embriogenezei târzii iar aceste proteine sunt implicate în toleranţa la deshidratare a seminţelor de *migdal.*

În plantele de *fasole* a fost identificată prezenţa proteinelor LEA18, din grupa 4-a, cu masa moleculară cuprinsă între 8,4 şi 18,8 kDa. Aceste proteine se pot lega de membrane, menţinând integritatea structurală a acestora şi pot lega ionii, protejând citoplasma de efectul negativ al excesului acestora.

Proteine LEA din grupa 5-a au fost identificate în morcovi, tomate, ardei etc. au masa moleculară cuprinsă între 5,3 şi 38,5 kDa şi sunt uşor hidrofobe.

Zhu ş.a. (1995) au identificat în plantele de *Solanum commersonii* 6 membrii a unei familii multigene care codifică sinteza proteinei osmotin.

Rolul proteinelor LEA nu a fost încă bine definit. Se apreciază că structura acestor proteine le conferă o viteză mare de reacţie, formează legături

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

reversibile şi pot avea rol în transmiterea informaţiilor la nivel celular (Kovacs ş.a., 2008).

Aceste proteine au rolul de a proteja structurile celulare, sau să le refacă, după acţiunea stresului hidric. Goyal ş.a. (2005) menţionează că studiile recente sugerează că aceste substanţe pot avea rol de caperoni moleculari, care împiedică agregarea macromoleculelor de proteine.

După Kovaks ş.a. (2008) acest rol poate să îl aibă proteinele LEA10 şi LEA 14 din grupa 2-a (dehidrine).

După Ingram şi Bartles (1996), pierderea severă a apei din celule determină modificarea structurii proteinelor citoplasmatice, iar proteinele LEA pot menţine structura acestora, în condiţii de stres hidric. După Baker ş.a. (1988), un astfel de rol poate să îl aibă proteinele LEA D11 şi D113.

Shih ş.a. (2008) consideră că proteinele LEA conţin un mare număr de molecule de apă care pot stabili legături între diferite molecule. Astfel, apa din proteinele LEA se poate cupla prin legături de hidrogen cu oligoglucide şi cu componentele celulare, împiedicând agregarea anormală a proteinelor celulare şi fuziunea membranelor.

După Durre (1993) proteinele LEA (D11, D113) sunt proteine hidrofile şi au capacitatea de a reţine apa, prevenind deshidratarea completă a celulelor.

Shinozaki ş.a. (2000) consideră că proteinele LEA acumulate în celulele plantelor, sunt implicate şi în protecţia enzimelor şi a lipidelor, în condiţii de stres hidric.

După Baker ş.a. (1988), proteinele LEA D29 şi D7 pot preveni efectul dăunător, ireversibil, determinat de creşterea concentraţiei ionilor, în timpul deshidratării celulelor, sub acţiunea stresului hidric. Aceste proteine pot lega atât anionii, cât şi cationii, determinând scăderea concentraţiei sucului celular.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

4.3. SINTEZA DE SARNS (SMALL-ARNS)

Cercetările în acest domeniu sunt relativ noi. Moleculele de sARNs sunt alcătuite dintr-un număr mic de nucleotide (20 – 24) care nu au rolul de a codifica sinteza unor proteine. Aceste substanțe se leagă de proteinele țintă, modificând funcțiile acestora, sau se leagă de un ARNm țintă, intervenind în procesul de translație.

Mai multe sARNs sunt implicate în reglarea răspunsului la stresul osmotic, inițiat de speciile reactive de oxigen. În plantele de mazăre un astfel de compus: miR1514a are ca țintă locusul de transcripție din ADN pentru enzima superoxid dismutază și pentru o cistein proteină (Trindale ș.a., 2011).

4.4. SINTEZA DE SUBSTANȚE OSMOTIC ACTIVE

Absorbția de către plante a apei, din soluția solului, se realizează printr-un proces de endosmoză. În condiții de secetă, când concentrația soluției solului crește, are loc un proces de exosmoză, care determină transportul apei din celulele rădăcinilor, în soluția solului.

Aclimatizarea unui număr mare de plante la condițiile de secetă, se poate realiza prin concentrarea sucului celular în urma sintezei și acumulării de substanțe osmotic active compatibile, așa cum sunt: glucidele (glucoza, fructoza, zaharoza, trehaloză, fructani), amino acizii (prolina, serină, asparagină), acizii organici (oxalat, malat), compuși cuaternari cu amoniu (glicin betaina), polioli (manitol) și substanțe minerale. Se remarcă faptul că substanțele osmotic active sunt reprezentate de compuși organici și într-o măsură mai mică de compuși anorganici. Dintre aceștia, ionii în concentrație mare pot să producă la plante reacții adverse, care afectează procesele metabolice. Acumularea substanțelor osmotic active determină concentrarea sucului celular și scăderea potențialului

BUAST CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

osmotic, ceea ce asigură plantelor capacitatea de a absorbi cantităţile mici de apă din solurile secetoase.

Substanţele care participă la reglajul osmotic celular trebuie să fie solubile în apă, compatibile cu compuşii celulari şi nu trebuie să interfereze cu reacţiile biochimice normale din plante. Trebuie să permită funcţionarea normală a enzimelor şi a altor proteine, să nu aibă încărcătură electrică şi să nu influenţeze legăturile ionice care menţin structura terţiară şi cuaternară a proteinelor.

Substanţele osmoreglatoare se acumulează în citoplasmă sau în vacuolă şi facilitează ajustarea osmotică şi menţinerea turgescenţei celulelor.

Reglajul osmotic al concentraţiei sucului celular din plantele expuse la stresul hidric, este un mecanism complex, la care participă genele care codifică sinteza enzimelor specifice, implicate în sinteza şi acumularea substanţelor cu rol osmoprotector. Plantele care nu au capacitatea de sinteză a substanţelor osmoprotectante sunt studiate în prezent, astfel încât prin inginerie genetică să se obţină plante transgenice, adaptate la stresul hidric.

Poliolii

Numeroase specii de plante acumulează ca substanţe osmotic active poliolii: manitol, sorbitol, glicerol, mioinozitol şi derivaţii metilaţi ai acestuia (Bielski, 1982, Loewus şi Dickinson, 1982).

Aceste substanţe, în mod similar cu alţi compuşi osmotic activi, determină creşterea potenţialului osmotic al celulelor, scăderea potenţialului hidric şi sporirea capacităţii de absorbţie şi de reţinere a apei.

Bohnert ş.a. (1995) consideră că poliolii pot proteja celulele plantelor la acţiunea stresului hidric, pe două căi: prin ajustare osmotică şi osmoprotecţie. În cazul ajustării osmotice acţionează ca osmoliţi, favorizând reţinerea apei în celule. Pe de altă parte, asigură protecţia structurilor celulare, prin descompunerea oxigenului activ.

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În unele specii de plante de cultură (ex. *țelină*), stresul osmotic determină sinteza poliolilor: manitol și sorbitol iar în numeroase specii pomicole, glucidele sunt transportate sub formă de sorbitol, care poate avea rol și în protecția la stresul osmotic.

Schema procesului de sinteză a poliolilor este prezentată în figura 4.3.

Se remarcă faptul că hexozele reprezintă compusul primar din care se biosintetizează atât manitolul și sorbitolul care au rol în creșterea potențialului osmotic celular, cât și mioinozitolul, respectiv inozitol fosfații care reprezintă mesageri în transmiterea semnalelor.

Manitolul este un polialcool care se sintetizează din manoză în condiții de stres hidric și salin. Se acumulează preferențial în citoplasma celulelor din aproape toate plantele și are rol în menținerea turgescenței, constituie un important osmoprotectant și menține echilibrul osmotic cu soluția solului Conde ș.a., 2011).

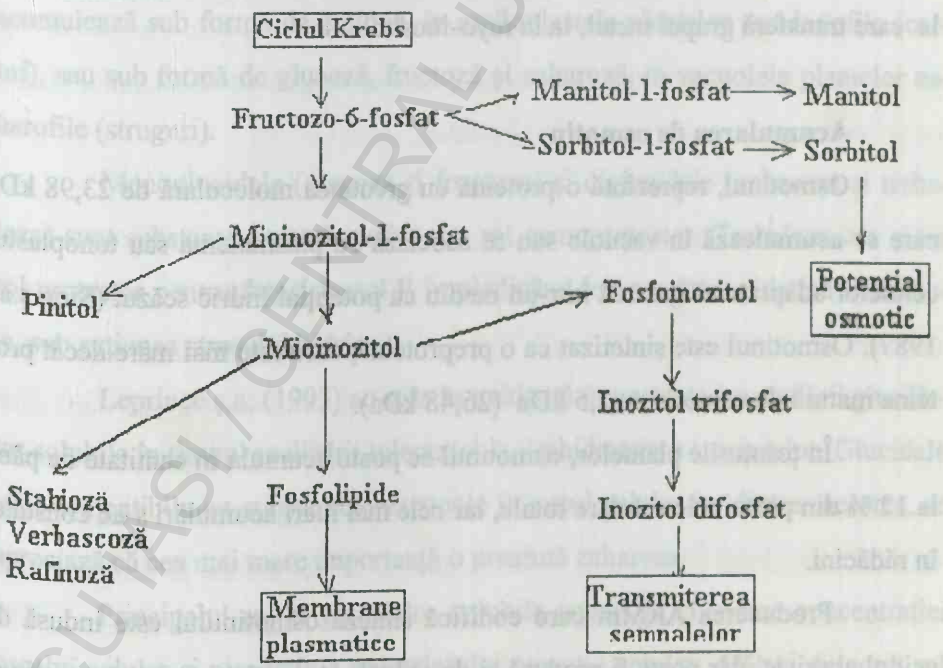
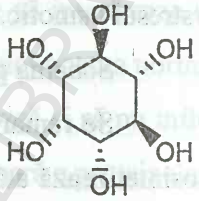


Fig. 4.3. Schema procesului de sinteză a pliolilor.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

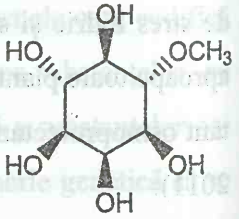
Un rol asemănător au:

Mioinozitolul se sintetizează din glucozo-6-fosfat și se găsește în toate plantele. Reprezintă un poliol implicat în procesul de osmoreglare, dar este considerat ca făcând parte din grupa vitaminelor B.



Mioinozitol

Inozitolul și fosfații acestuia sunt considerați ca mesageri secundari implicați în numeroase procese fiziologice: controlul calciului intracelular, menținerea potențialului de membrană și în expresia genelor. Fiind compuși solubili, sunt implicați și în creșterea potențialului osmotic celular.



Ononitol

Ononitol sau 4-O-metil-myo-inozitolul este un ciclitol care a fost identificat în plantele de *Medicago sativa*. Această substanță rezultă în urma acțiunii inositol metil transferazei (IMT) asupra S-adenozil-l-metioninei, de la care transferă grupul metal, la la myo-inositol.

Acumularea de osmotin

Osmotinul, reprezintă o proteină cu greutatea moleculară de 23,98 kDa care se acumulează în vacuole sau se asociază cu plasmalema sau tonoplastul celulelor adaptate să crească într-un mediu cu potențial hidric scăzut (Sing ș.a., 1987). Osmotinul este sintetizat ca o preproteină, care este mai mare decât proteina matură de osmotin cu 2,5 kDa (26,48 kDa).

În țesuturile plantelor, osmotinul se poate acumula în cantitate de până la 12 % din proteinele celulare totale, iar cele mai mari acumulări s-au constatat în rădăcini.

Producerea ARMm care codifică sinteza osmotinului este indusă de acidul abscisic, dar poate fi produsă și de etilenă, atac patogen sau stres salin și acest proces are loc numai în plantele tolerante la stres cum sunt *tomatele.*

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Expunerea plantelor de *tomate* la stresul hidric a determinat acumularea de osmotin, simultan cu acumularea de acid abscisic (Grillo ş.a., 1995). Dacă s-au efectuat tratamente cu acid abscisic la plantele neexpuse la stresul hidric, s-a determinat acumularea osmotinului.

Zhang şi Shih (2007) au identificat într-o clonă de *căpşuni* o genă care codifică sinteza unei proteine asemănătoare cu osmotinul, clonă ce a fost denumită FaOLP2. Expresia acestei gene a fost identificată în toate organele plantei şi a fost indusă de acidul abscisic, acidul salicilic şi leziunile mecanice. Autorii apreciază că această genă poate fi implicată în realizarea protecţia ţesuturilor la stresul osmotic şi la atacul patogen.

Zhu ş.a. (1999) au identificat în plantele de *Solanum commersonii* 6 membrii a unei familii de multigene care codifică sinteza proteinei osmotin.

Acumularea de glucide solubile

Glucidele reprezintă principala substanţă de rezervă din plante, care se acumulează sub formă de amidon, în amiloplastele plantelor amidonofile (cartof), sau sub formă de glucoză, fructoză şi zaharoză, în vacuolele plantelor zaharofile (struguri).

Monoglucidele (glucoza şi fructoza) şi diglucidele (zaharoza şi trehaloza) sunt substanţe osmotic active, cu rol osmoprotector. Trehaloza are şi un rol protector pentru fotosistemul II împiedicând lezarea fotooxidativă a acestuia, sub acţiunea stresului hidric.

Leprince ş.a. (1993) au scăs în evidenţă importanţa acumulării glucidelor solubile în timpul realizării toleranţei la deshidratare a seminţelor. Glucidele sunt compatibile cu substanţele existente în sucul celular iar dintre acestea, se apreciază că cea mai mare importanţă o prezintă zaharoza.

Principalul rol al glucidelor solubile constă în creşterea concentraţiei sucului celular şi respectiv a potenţialului osmotic celular. Alături de acest rol Crowe ş.a. (1992) menţionează şi cel de stabilizare a proteinelor citoplasmatice

şi a lipidelor membranale. În acest caz, glucidele formează o legătură de hidrogen între grupul lor hidroxil şi reziduul polar din proteină iar în cazul lipidelor, legătura de hidrogen se formează între grupul hidroxil al glucidelor şi gruparea fosfat a fosfolipidelor.

Stresul hidric a determinat inhibarea biosintezei amidonului, biodegradarea amidonului din frunzele de *viţă de vie* (Quick ş.a., 1992) şi din cele de *castraveţi* (Akinci şi Losel, 2010) şi acumularea glucozei.

Sanchez ş.a. (1998) au constatat că plantele din 49 soiuri de *mazăre,* expuse la stresul hidric, au avut un conţinut de glucide solubile mai mare de 1,5 – 7,0 ori, comparativ cu variantele cultivate în condiţii de aprovizionare normală cu apă. Experienţele ulterioare (Sanchez ş.a., 2004) au relevat că stresul hidric a determinat acumularea glucidelor solubile în epicotilul plantelor de mazăre, în concentraţie de 2,8 – 5,1 ori mai mare, comparativ cu cel determinat în variantele martor. Aceasta a contribuit la ajustarea osmotică în proporţie de 34 – 46 %.

During (1985) a constatat că în condiţii de stres hidric, frunzele de *viţă de vie* îşi reglează potenţialul osmotic prin biodegradarea amidonului ţi prin creşterea conţinutului de glucoză şi fructoză.

Acumularea de glicin betaina

Numeroase plante din familiile: *Amaranthaceae, Asteraceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Convulvulaceae, Cuscutaceae, Fabaceae, Malvaceae, Plumbaginaceae, Scrphulariaceae,* şi *Solanaceae,* aşa cum sunt: spanacul, tomatele, cartofii, castraveţii etc. sintetizează glicin betaină, ca urmare a acţiunii stresului termic şi hidric, în concentraţie de 50 – 250 μmoli/ g sub. uscată (Weretilnyk ş.a., 1989). Aceasta este un derivat metilat al aminoacidului glicină, care este compatibil cu substanţele din sucul celular. Are rol osmoreglator precum şi de stabilizare a structurii cuaternare a proteinelor şi a membrane-

lor (Sakamoto ş.a., 2000). Ca şi ceilalţi osmoliţii, glicin betaina previne agregarea proteinelor şi creşte stabilitatea structurală a enzimelor (Takabe ş.a., 2006).

Glicin betaina se sintetizează din colină, care în prezenţa colin monooxigenazei formează betain aldehida, iar în etapa următoare, în prezenţa betain aldehid dehidrogenazei se formează betaina, conform schemei din figura 4.4.

Procesul de sinteză a acestei substanţe are loc în cloroplastele din frunze, de unde este transportată în toate organele plantelor şi se acumulează în citoplasmă. Takabe ş.a. (2006) menţionează că de curând au fost identificate şi genele care codifică transportorii proteici pentru glicin betaină care au afinitate similară şi pentru prolină.

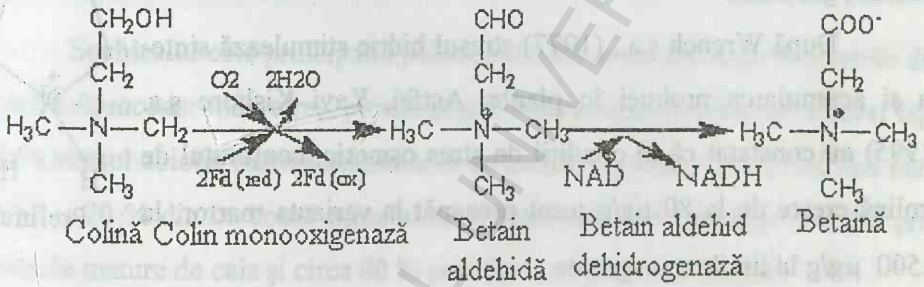


Fig. 4.4. Sinteza glicin betainei

Weretylnik şi Hanson (1990) au constatat că plantele de *spanac* cultivate în condiţii de stres nu au acumulat glicin betaină în vacuolele celulelor din frunze, dar a fost prezentă în citoplasmă şi cloroplaste. Astfel dacă concentraţia acestei substanţe a fost mai mică de 1 mM în vacuole, aceasta a ajuns la 300 mM în citoplasmă. Aceste diferenţe se datorează probabil localizării transportorilor proteici specifici pentru această substanţă. Murata ş.a. (1998) au constatat că în condiţii de stres salin sau hidric, plantele de *spanac* au acumulat peste 3 % glicin betaină, ceea ce a permis desfăşurarea procesului de fotosinteză, în aceste condiţii.

Acumularea glicin betainei în cloroplaste are un efect favorabil asupra procesului de fotosinteză.

Acumularea de prolină

Este una din cele mai studiate substanțe osmoreglatoare, dar care are și rolul de protejare a enzimelor de denaturare, de reglare a aciditătii citoplasmei, de descompunere a radicalilor liberi, echilibrând raportul $NADH/NAD^+$ și acționând ca sursă de energie Verma (1999).

Această substanță se sintetizează din glutamat și ornitină, proces ce se desfășoară în plastide și citoplasmă și este catalizat de pyroline-5-carboxilat (P5C), pyroline-5-carboxilat sintetază (P5CS) și pyroline-5-carboxilat reductază (P5CR). Boogess ș.a. (1978) au precizat că sinteza prolinei în *Phaseolus aureus* are loc în mitocondrii, este dependentă de oxigen și are loc pe calea arginină, ornitină, glutamat.

Prolina

După Wrench ș.a., (1977) stresul hidric stimulează sinteza și acumularea prolinei în plante. Astfel, Kavi Kishore ș.a. (1995) au constatat că în condiții de stres osmotic, conținutul de prolină crește de la 80 μg/g țesut proaspăt la varianta martor, la 6.500 μg/g la liniile transgenice.

Knipp și Honermeier (2005) au studiat efectul stresului hidric asupra acumulării prolinei în frunzele unor linii transgenice de *cartof,* care acumulează fructani. Determinările efectuate au evidențiat că potențialul hidric foliar a fost corelat cu cantitatea de prolină acumulată în frunze. A fost surprinzător însă faptul că stresul hidric a determinat acumularea în cantitate mai are a prolinei, în frunzele liniilor transgenice SST/FFT, care sintetizează fructani cu un grad mai mare de polimerizare. Ce urmare nu poate fi exclusă capacitatea pleiotropică a unor gene, respectiv capacitatea acestora de a avea mai multe efecte fenotipice.

Studiile efectuate de Sanchez ș.a. (1998) referitoare la efectul stresului hidric asupra a 49 soiuri de *mazăre* au relevat că cel mai mare conținut de prolină s-a determinat la soiurile care au avut un conținut mai mic de apă. În acest

caz s-a apreciat că prolina nu a prevenit, ci a minimalizat daunele provocate de deshidratare. Experiențele ulterioare (Sanchez ș.a., 2004) au relevat că stresul hidric a determinat creșterea conținutului de prolină din epicotilil plantelor de *mazăre* expuse la stresul hidric de 5 – 50 de ori, contribuind la ajustarea osmotică în proporție de 3 – 5 %, în funcție de soi.

Zhu (2001) a constatat că sinteza de prolină în plantele transgenice este relativ scăzută și nu este semnificativă pentru reglarea osmotică a plantelor. Se consideră că rolul lor constă în menținerea macromoleculelor în starea lor naturală, proces la care contribuie și rolul pe care îl are în descompunere a speciilor active de oxigen.

Sorbitolul este principalul polialcool care se sintetizează în plantele din familia *Rosaceae:* măr, cireș, piersic și păr. Numeroase cercetări au relevat faptul că stresul abiotic induce acumularea de sorbitol (Li ș.a., 2012). În, mai mult de 65 – 70 % din carbonul asimilat este translocat sub formă de sorbitol prin frunzele mature de cais și circa 80 % prin floemul plantelor de măr.

Stresul hidric determină creșterea conținutului de sorbitol din frunzele de piersic (Deguchi ș.a., 2002). Cercetările efectuate de Li ș.a. (2012) au evidențiat că în frunzele, floemul și rădăcinile merilor din soiul Fuji, expuși la stres hidric mediu și sever, s-a constatat o cantitate mai mare de sorbitol, comparativ cu varianta martor. Acest proces s-a corelat cu prezența a trei secvențe de cADN care codifică transportorii de sorbitol: MdSOT3, MdSOT4 și MdSOT5.

4.5. SINTEZA ACVAPORINELOR

Transportul apei în celulele din rădăcinile plantelor are loc printre moleculele de fosfolipide ce alcătuiesc membranele plasmatice, dar poate să aibă loc cu viteză mai mare prin canalele specializate pentru apă: acvaporine.

Acvaporinele se găsesc atât în plasmalemă (PIP), cât și în tonoplast (TIP) și sunt tetrameri proteici care delimitează un por. Sinteza lor este codificată genetic iar în condiții de stres hidric, numărul acvaporinelor crește, favorizând absorbția și transportul apei prin plantă (Fray ș.a., 1994). Acvaporinele participă de asemenea și la hidratarea rapidă a celulelor și la refacerea turgescenței celulelor, la încetarea stresului hidric.

Creșterea numărului de acvaporine din plasmalema celulelor rădăcinii plantelor, în condiții de stres, hidric este considerată ca o adaptare la absorbția mai rapidă a apei. După Bartles ș.a. (2007) controlul fluxului de apă din rădăcini și semințe nu se realizează numai prin modificarea numărului de acvaporine ci și prin deschiderea și închiderea acestora ca urmare a fosforilării și defosforilării lor.

În cazul semințelor, s-a constatat că în perioada de maturare a acestora transportul apei prin acvaporine este inhibat, ceea ce contribuie la reținerea apei în celule.

4.6. SINTEZA ENZIMELOR ȘI A SUBSTANȚELOR ANTIOXIDANTE

Speciile reactive de oxigen, denumite: peroxid de hidrogen (H_2O_2), radicalul superoxid ($O_2^{\cdot-}$), radicalul hidroxil ($^{\cdot}OH$) și oxigenul singlet ($^1O_2$), se formează în procesele de fotosinteză, respirație, fotorespirație și ca urmare a activității glicolat-oxidazei, NADPH-oxidazei, amin-oxidazei și a peroxidazei din pereții celulari.

Radicalul superoxid se formează pe parcursul transportului de electroni prin fotosistemele I și II din cloroplaste și respectiv complexele I și II din mitocondrii în care, oxigenul molecular este activat de către un electron, cu formarea de radical superoxid.

Radicalul peroxid se formează în cloroplaste, în procesul de fotoliză a apei, dar mai ales în apoplast unde rezultă din dismutarea superoxidului format în urma acțiunii NADPH oxidazelor și peroxidazelor extracelulare.

Din reacția Fenton dintre un metal redus și peroxidul de hidrogen, rezultă metalul oxidat și radicalii hdroxil și oxidril.

Aceste specii reactive de oxigen se formează în cantități mici ca urmare a desfășurării normale a proceselor de metabolism celular și sunt descompuse pe diferite căi, ceea ce constituie reacții comune și permanente de apărare.

În condiții de stres termic, intensitate luminoasă mare sau expunerea la radiațiile ultraviolete, scade ritmul de reducere a dioxidului de carbon în procesul de fotosinteză ceea ce intensifică sinteza speciilor reactive de oxigen (ROS). Aceste substanțe au două funcții: o funcție negativă de modificare a potențialului oxido-reducător din celule, de peroxidare a lipidelor, denaturare a proteinelor, glucidelor, acizilor nucleici și prin această contribuie la biodegradarea membranelor celulare și afectează funcțiile organitelor celulare. Pe de altă parte au o funcție pozitivă, de inducere a semnalelor pentru declanșarea reacțiilor de apărare.

Plantele își păstrează în permanență homeostazia potențialului oxido–reducător din celule, prin menținerea balanței dintre formarea și descompunerea speciilor reactive de oxigen. Factorii de stres (seceta), determină formarea unor cantități mai mari de radicali liberi, care activează receptorii și lanțul de proteine transportoare, iar nucleul reacționează în mod adecvat codificând sinteza substanțelor implicate în reacțiile de apărare.

Recepția semnalelor induse de radicalii liberi formați în celulele expuse la condiții de stres este un proces complex, care nu este încă bine precizat. Astfel, printre candidații de receptori pentru speciile reactive de oxigen se numără receptorii protein kinazici (RLKs), care sunt proteine apoplastice care conțin două reziduuri de cisteină, sensibile la modificarea potențialului redox induse de radicalii liberi (Czernic ș.a., 1999).

Din sinteza rezultatelor cercetărilor efectuată de Torres-Ruiz ş.a. (2013) asupra speciei *Saccharomyces cerevisiae* a rezultat că receptorul pentru stresul oxidativ este reprezentat de o proteină transmembranală Mtl1. Modul cum această proteină detectează stresul oxidativ nu este încă cunoscut, dar s-a constatat că în transmiterea semnalelor intervin proteinele G, protein kinaza C şi lanţul de MAP-kinaze.

Geisler (2010) a subliniat faptul că există puţine date referitoare la receptorii pentru speciile reactive de oxigen din plantele superioare, dar transmiterea semnalelor se face prin intermediul mitogen protein kinazelor.

Modificarea potenţialului oxido-reducător din celule de către speciile reactive de oxigen, poate determina reducerea reziduurilor de cisteină din factorii de transcripţie specifici: NPR1 sau TGAI1, (modificarea gruparea SH cu formarea legăturii S-S) care acţionează direct asupra procesului de transcripţie (Fedoroff, 2006). Factorul de transcripţie pentru şoc termic (HSF), pentru secetă (DREB2A) cât şi receptorii pentru etilenă (ETR1) pot funcţiona ca senzori pentru peroxidul de hidrogen. În prezenţa acestei specii reactive de oxigen, factorul HSF suferă o modificare conformaţională, realizând un trimer activ care reprezintă forma activă a acestuia, care determină modificarea expresiei genelor.

Expresia genelor specifice are drept rezultat codificarea sintezei enzimelor implicate în procesul de descompunere a radicalilor liberi (Foyer, 1994) şi sinteza substanţelorcu rol de protecţie. Navari-Izzo şi Rascio (1999) au clasificat substanţele cu rol de protecţie în trei grupe: a) substanţe reducătoare solubile în apă (cisteină, glutation, ascorbat), b) vitamine liposolubile (caroten şi α-tocoferol) şi c) enzime antioxidante (superoxid dismutază, catalază şi peroxidază).

Enzimele implicate în descompunerea radicalilor liberi sunt: superoxid dismutază, peroxidază şi catalază.

Catalaza şi peroxidaza sunt înrudite din punct de vedere structural şi funcţional. Catalaza acţionează asupra apei oxigenate descompunând-o în apă şi

oxigen molecular, în timp ce peroxidaza poate utiliza ca acceptor al oxigenului atomic, diferite substanțe: acid ascorbic, glutation sau fenoli care se oxidează.

Catalaza este localizată în peroxizomi dar mediază descompunerea apei oxigenate și de către superoxid dismutază. Peroxidaza are numeroase locații: citoplasmă, peroxizomi, glioxizomi, mitocondrii, cloroplaste, dar activitatea acestei enzime este foarte scăzută în citoplasmă (Navari-Izzo și Rascio, 1999)

Prezența superoxid dismutazei au fost identificate în citoplasmă, cloroplaste, mitocondrii și peroxizomi, alături de glutation reductază. În cloroplaste se găsește un adevărat sistem de descompunere a radicalilor liberi. Superoxid dismutaza, codificată de genele nucleare, este prezentă în tilacoidele cloroplastului. Această enzimă acționează asupra radicalilor superoxid produși de fotosistemul I și II, rezultând apă oxigenată, care este redusă la apă de către ascorbat peroxidaza din tilacoide, care trece în forma de monodehidroascorbat. Monodehidroascorbatul este redus la ascorbat, de către feredoxina redusă ($2O_2^- + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$).

Li ș.a. (2006) au obținut plante de cartof modificate genetic în care s-a manifestat expresia genelor superoxiddismutazei și a peroxidazei și care au suportat stresul produs de speciile reactive de oxigen.

Kwang ș.a. (2009) au introdus în plantele de cartof genele care codifică sinteza în cloroplaste a enzimelor superoxiddismutază și ascorbat peroxidază, care au fost prelevate de la plantele de tutun. Plantele modificate genetic au avut activitatea acestor enzime de 15 ori mai mare decât a plantelor martor.

Ciclul ascorbat - glutation. constituie o cale alternativă de detoxifiere, în cazul apei oxigenate, glutation peroxidaza și glutation reductaza determinând scăderea conținutului de peroxizi organici, protejează de oxidare lipidele membranale și a proteinelor celulare.

Din schema prezentată în figura 4.5. se remarcă faptul că superoxiddismutaza catalizează transformarea radicalului superoxid în peroxid de hidrogen, care este descompus la apă în ciclul ascorbat – glutation.

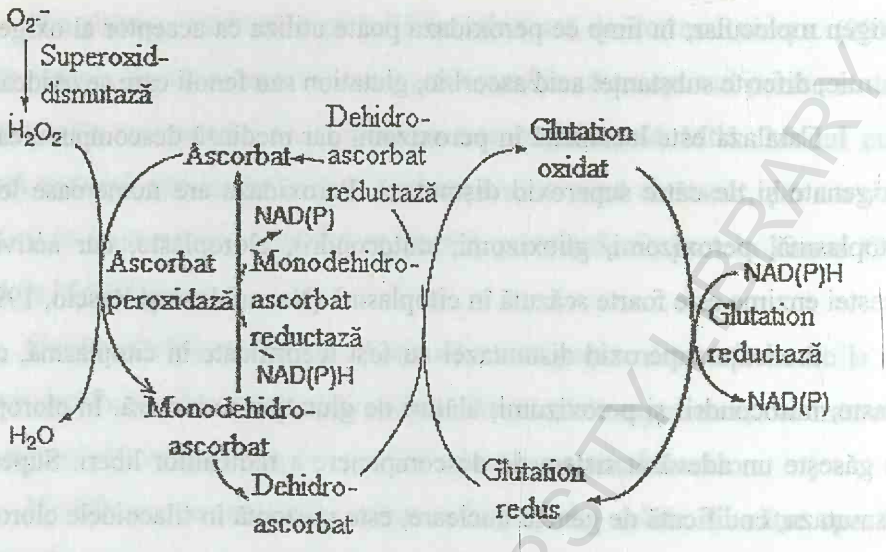


Fig. 4.5. Schema ciclului ascorbat - glutation

Alături de enzimele cu rol antioxidant un rol important în prevenirea acțiunii radicalilor liberi îl au substanțele cu rol oxido-reducător: glutation, ascorbat, cisteină, flavone, caroten și α-tocoferol.

Glutationul este o tripeptidă care se găsește în citoplasmă, cloroplaste, reticulul endoplasmatic, vacuole și mitocondrii și este cel mai important oxidant neenzimatic. Reducerea (GSH) și oxidarea glutationului (GSSG) este necesară pentru controlul conținutului de peroxid de hidrogen din celule și are un rol important în semnalizarea potențialului redox.

Cercetările efectuate de Cruz de Carvalho și Contour-Ansel (2008) cu plante de fasole expuse la condiții de stres hidric (potențial hidric de 200 MPa și conținut relativ de apă 50,9 %) activitatea totală a glutation reductazei a crescut cu aproximativ 200 %, comparativ cu varianta martor (potențial hidric de 0,5 MPa și conținut relativ de apă 95,3 %)

Di Ferdinando ș.a. (2012) consideră că unele dintre substanțele flavonoide au un rol antioxidant prin inhibarea formării și reducerea speciilor reactive de oxigen formate. Aceste substanțe pot fi utilizate de peroxidaze, ca substrat pentru reducerea apei oxigenate.

Substanțele flavonoide se acumulează în cantitate mai mare în vacuolele celulelor epidermice, dar se găsesc în toate celulele atât în vacuole, cât și în mezofilul și cloroplastele acestora. Cei mai mulți agliconi flavonoidici au un puternic rol antioxidant precum și unii flavonoizi glicozilați așa cum sunt: quercetin-3-O-glicozid și luteolin-7-O-glicozid.

Vasquez-Robinet ș.a. (2008) au constatat că expresia maximă a genelor implicate în sinteza flavonelor (CHS și GST) a avut loc în perioada cu stres hidric maxim. Tattini ș.a. (2006) au constatat intensificarea sintezei glicozizilor mircetinei și quercetinei în plantele de *Myrtus communis* expuse la condiții de stres iar Agati ș.a. (2009) au precizat că în condițiile creșterii intensității radiațiilor luminoase de la 20 %, la 100 % intensitatea radiațiilor solare, crește de 7 ori concentrația de quercetin-3-O-rutiinozid din frunzele de *Ligustrum vulgare.*

Un rol asemănător cu substanțele flavonoide îl au și unele vitamine: acidul ascorbic (vit.C) și α-tocoferolul (vit. E). α-Tocoferolul descompune radicalii peroxid din membranele tilacoide ale cloroplastelor iar acidul ascorbic descompune peroxidul de hidrogen din citoplasmă conform reacției următoare:

2 ascorbat + H_2O_2 ⇒ 2 monodehidroascorbat + 2 H_2O

Rezultă deci că acidul ascorbic acționează direct ca antioxidant, dar intervine și ca reductant în ciclul xantofilei.

4.7. SINTEZA HORMONILOR IMPLICAȚI ÎN STRESUL HIDRIC

Hormonii sunt implicați în transmiterea semnalelor la nivelul întregii plante, în condiții de stres hidric, dar intervin ca substanțe active în numeroase procese fiziologice.

Zingaretti ș.a. (2013) au sintetizat rezultatele cercetărilor referitoare la implicațiile hormonilor în stresul hidric. Din aceste date rezultă că cel mai important rol în realizarea toleranței la stresul hidric îl are acidul abscisic. Acidul

jasmonic este implicat în sinteza acidului abscisic iar citochininele sunt transportate din rădăcini în frunze, fiind implicate în procesul de diviziune celulară. Giberelinele şi brassinosteroizii se pare că nu sunt implicaţi direct în realizarea reacţiilor de toleranţă la stres.

Acidul abscisic

Pe parcursul perioadei de vegetaţie a plantelor, în lipsa stresului hidric, sinteza acidului abscisic este scăzută, iar acidul abscisic existent în celulele rădăcinii se găseşte sub formă inactivă: glicozilat sau hidroxilat.

Stresul termo-hidric constituie un semnal pentru receptorii specifici implicaţi în sinteza acidului abscisic: histidin kinazele HIK33 sau AtHK1 care funcţionează ca osmosenzori.

Activarea receptorilor poate determina deschiderea canalelor din plasmalemă pentru calciu care este mesager secundar pentru activarea lanţului de Ca^{2+}-dependent protein kinaze (Fraire-Velasquez ş.a., 2011) ce activează factorii de transcripţie.

Senzorii pentru stresul hidric cuplaţi cu proteina G pot să determine formarea de diacilglicerol şi inozitol-1,4,5-trifosfat (IP_3), care reprezintă mesageri secundari pentru lanţul de mitogen protein kinaze (Heilmann ş.a., 2000, Xiong ş.a., 2002).

Cele două protein kinaze: Ca^{2+}-dependent protein kinaza şi mitogen protein kinaza se pot activa una pe alta prin fosforilări şi defosforilări succesive, proces la care participă şi protein fosfatazele (PP1 şi PP2).

Factorii de transcripţie ABF1 şi AREB2/ABF4 activează genele care codifică sinteza enzimelor implicate în producerea acidului abscisic din caroteni: ZEP (zeaxantin oxidază), NCED (9-cis-epoxicarotenoid-dioxigenază), AAO (ABA-aldehid oxidază), MCSU (MoCo-sulfurază) şi SDR (alcool dehidrogenază/reductază).

Procesul de sinteză a acestui hormon începe din plastidele din rădăcinile plantelor şi se finalizează în citoplasmă, prin transformarea xantotoxinei în acid abscisic, conform schemei din figura 4.6.

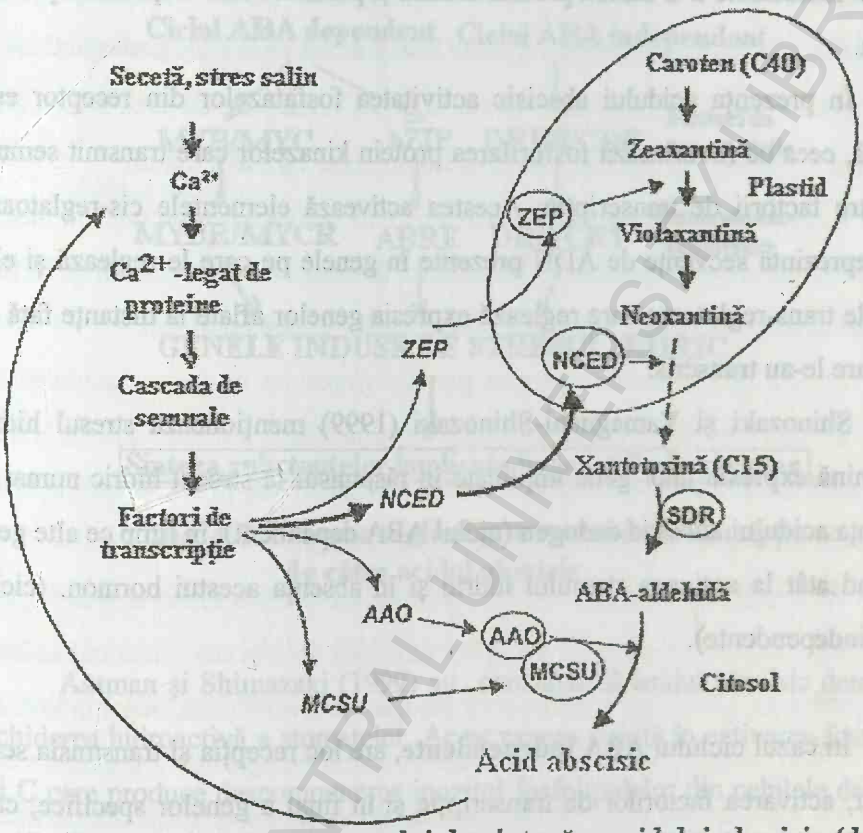


Fig. 4.6. Schema procesului de sinteză a acidului abscisic (după Xiong şi Zhu, 2003)

Acidul abscisic sintetizat în rădăcini, este transportat rapid prin xilem spre organele aeriene, dar poate fi sintetizat şi în frunze sau tulpini. Prezenţa acestui hormon determină activarea receptorilor specifici care sunt localizaţi atât la nivelul plasmalemei (Buchanan ş.a., 2000) cât şi intracelular (Yang, 2008), la nivelul citoplasmei şi a nucleului.

Identificarea acestor receptori a fost dificilă şi este încă incertă. Astfel, Rock şi Sakata (2010) consideră că în acest proces sunt implicaţi receptori cu-

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

plați cu proteine G (GPCRs), dar Raghavendra ș.a. (2010) consideră că există un receptor solubil complex, alcătuit dintr-un element reglator pentru acidul abscisic (RCAR) și dintr-un complex de protein fosfataze 2C (ABI1 și PP2C). Protein fosfatazele 2 C inhibă protein kinaza și probabil Ca^{2+}-dependent protein kinaza.

În prezența acidului abscisic activitatea fosfatazelor din receptor este blocată, ceea ce favorizează fosforilarea protein kinazelor care transmit semnalul către factorii de transcripție. Acestea activează elementele cis-reglatoare, care reprezintă secvențe de ADN prezente în genele pe care le reglează și elementele trans-reglatoare care reglează expresia genelor aflate la distanțe față de cele care le-au transcris.

Shinozaki și Yamaguchi-Shinozaki (1999) menționează stresul hidric determină expresia unor gene implicate în răspunsul la stresul hidric numai în prezența acidului abscisic endogen (ciclul ABA dependent), în timp ce alte gene răspund atât la acțiunea stresului hidric și în absența acestui hormon. (ciclul ABA independente).

În cazul ciclului **ABA independente**, are loc recepția și transmisia semnalelor, activarea factorilor de transcripție și în final a genelor specifice, care trebuie să aibă elementul cis reglator DRE (dehydration responsive element), gene care sunt implicate în sinteza proteinelor LEA Figura 4.7.).

În ciclul **ABA dependent** stresul hidric acționează în mod similar, dar expresia genelor specifice implicate în reacțiile de biodegradare a speciilor reactive de oxigen, în sinteza de substanțe osmoreglatoare și a proteinelor ce formează acvaporinele necesită prezența acidului abscisic. Din figura 2.20.se remarcă faptul că există două cicluri ABA-dependente, dintre care unul necesită în prealabil sinteza proteinelor.

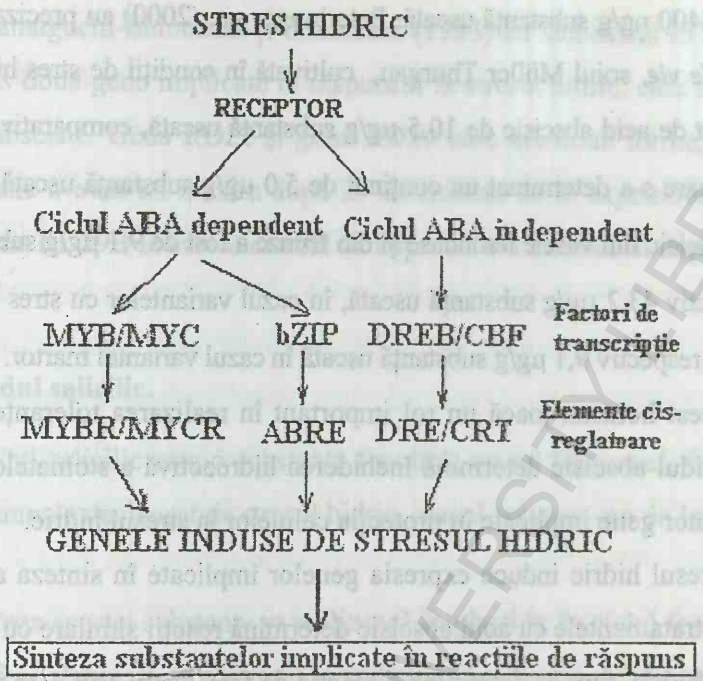


Fig. 4.7. Schema reglării procesului de transcripție de către acidul abscisic

Assman și Shimazaki (1999) au constatat că acidul abscisic determină închiderea hidroactivă a stomatelor. Acest proces constă în activarea fosfolipazei C care produce descompunerea inozitol fosfolipidelor din celulele de gardă și eliberarea inozitol fosfatului, care activează transportorii de calciu din apoplast. Calciul reprezintă un mesager secundar care inhibă activitatea pompelor de protoni din plasmalema, determină depolarizarea membranelor plasmatice (Ishikawa ș.a., 1983), ceea ce are drept urmare deschiderea canalelor pentru potasiu și anioni care trec din celulele de gardă în cele anexă. Modificarea concentrației sucului celular este urmată de exosmoza apei, pierderea turgescenței celulelor de gardă și închiderea stomatelor.

Peterlunger s.a. (1994) au constatat că în cazul soiului *Cabernet Sauvignon*, cultivat în sol în care apa disponibilă a reprezentat 80 %, 30 % și 15 % din capacitatea de câmp, conținutul în acid abscisic din rădăcini a fost de 3500, 4700 și

respectiv 8400 ng/g substanță uscată. Peterlunger ș.a. (2000) au precizat că rădăcinile *viței de vie,* soiul Müller Thurgau, cultivată în condiții de stres hidric, a avut un conținut de acid abscisic de 10,5 μg/g substanță uscată, comparativ cu varianta martor la care s-a determinat un conținut de 5,0 μg/g substanță uscată. Conținutul de acid abscisic din vasele lemnoase și din frunze a fost de 9,1 μg/g substanță uscată și respectiv 43,2 μg/g substanță uscată, în cazul variantelor cu stres hidric, și de 1,16 μg/g respectiv 9,1 μg/g substanță uscată în cazul variantei martor.

Acest hormon joacă un rol important în realizarea toleranței la stresul hidric. Acidul abscisic determină închiderea hidroactivă a stomatelor și induce expresia unor gene implicate în protecția celulelor la stresul hidric.

Stresul hidric induce expresia genelor implicate în sinteza acidului abscisic, iar tratamentele cu acid abscisic determină reacții similare cu cele induse de stresul hidric, fapt ce determină o reacție de feed back, prin care se amplifică sinteza acidului abscisic și totodată răspunsul la stres.

Percepția acidului abscisic se realizează cu ajutorul unor receptori specifici. Receptorul din celulele de gardă a stomatelor nu a putut fi identificat încă, dar Osakabe ș.a. (2005) au identificat un receptor protein kinază, bogat în leucină.

Yu și Zhang (2006) au identificat în bacele strugurilor o proteină Ca^{2+}-dependent kinază care a fost denumită ACPK1 și care este stimulată de acidul abscisic. Această protein-kinază a fost identificată în membranele plasmatice și în plastide și poate fi implicată în cascada de semnale declanșat de acidul abscisic.

Rock (2000) apreciază că acidul abscisic controlează nivelul de transcripție a peste 100 de gene. Controlul acidului abscisic asupra procesului de transcripție a genelor se realizează după Marcotte ș.a. (1988) prin intermediul unui factor de transcripție denumit ABRE (ABA-responsive element). Maggio ș.a. (2006) menționează că recent s-a identificat un factor de transcripție (HOS10), cu sensibilitate mare la stresul osmotic, care poate controla transcripția genelor implicate în biosinteza acidului abscisic.

Yamaguchi-Shinozaki şi Shinozaki (1993) au identificat în plantele de *Arabidopsis* două gene implicate în răspunsul la stresul hidric, care sunt induse de acidul abscisic. Gena RD22 şi gena RD29 care are două forme, RD29A a cărei expresie a avut un maxim după 20 de minute de la expunerea la stresul hidric şi gena RD29B la care maximul de expresie s-a manifestat după mai mult de 3 ore.

Acidul salicilic.

Acidul salicilic este o substanţă fenolică, cu rol hormonal, implicată în lanţul de semnale declanşat de stresul hidric, atacul patogen sau de lezarea ţesuturilor.

Sinteza acestei substanţe se realizează în plastide, în ciclul fenilpropanoid, în care fenilalanina este convertit la acil cinamic, reacţie catalizată de fenilalanin aminiu-liază. În etapa următoare, acidul cinamic este hidroxilat la acid orto-cumaric, care este oxidat cu formarea de acid salicilic. Această substanţă se poate sinteiza şi în ciclul acidului benzenic iar după sinteză este conjugat cu glucoza sau gruparea metil.

Cercetările efectuate în ultima perioadă au evidenţiat că această acidul salicilic este implicat în realizarea lanţului de semnale induse şi de alţi factori de stres. Hara ş.a. (2012) menţionează că studiile recente au dovedit că acidul abscisic participă la semnalizarea stresului abiotic: secetă temperatură ridicată, salinitate, ozon, radiaţii ultraviolete şi metale grele. Aceşti factori induc sinteza şi acumularea acidului salicilic, dar rolul acestei substanţe nu este bine precizat. Hara ş.a. (2012) menţionează că în concentraţii mici, acidul salicilic stimulează toleranţa la stresul abiotic, iar concentraţiile mari, scade toleranţa la stresul abiotic. În acest ultim caz, acidul salicilic stimulează formarea de specii reactive de oxigen şi diminuează activitatea catalazei şi a peroxidazei.

Borsani ș.a. (2001) consideră că acidul salicilic amplifică efectul stresului hidric prin stimularea formării de specii reactive de oxigen în procesul de fotosinteză.

Sinteza cercetărilor din acest domeniu efectuată de Sahu (2013) a scos în evidență că în condiții de stres, concentrațiile mici de acid salicilic determină închiderea stomatelor, creșterea intensității fotosintezei, a potențialului hidric foliar, a activității nitrat reductazei, anhidrazei carbonice, catalazei, peroxidazei, superoxid dismutazei și a unui număr mare de calciu-dependent protein kinaze.

Wang ș.a. (2005) au constatat că plantele tinere de *viță de vie* tratate prin pulverizare cu 100 micomoli acid salicilic, determină creșterea conținutului de acid abscisic, după o oră de la efectuarea tratamentului. Se consideră că acidul salicilic induce reacții antistres la realizarea cărora contribuie acidul abscisic și prolina.

Acid jasmonic

Acidul jasmonic și metil jasmonatul sunt reglatori de creștere naturali care se găsesc în plantele superioare și care are rol în procesul de germinare a semințelor, creșterea rădăcinii, tuberizare, senescență, precum și în răspunsul la stresul biotic și abiotic.

Precursorul acidului jasmonic îl reprezintă acidul linolenic care se sintetizează în cloroplaste sau provine din biodegradarea fosfolipidelor din membranele plasmatice (Figura 4.8.). Proce-

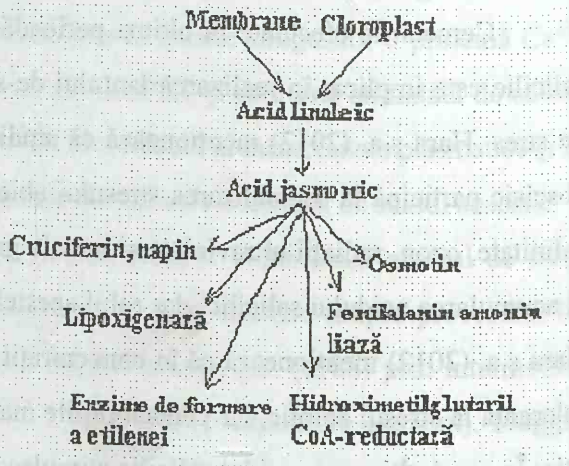


Fig. 4.8. Sinteza și rolul fiziologic al acidului jasmonic (d. Creelman și Mullet, 1995)

sul de sinteză se desfăşoară în peroxizomi, în prezenţa acil-CoA oxidazei, proteinei multifuncţionale MFP şi a 3-cetoacil-CoA-tiolazei.

Acidul jasmonic are rolul unui semnal, în realizarea reacţiilor de apărare la stresul hidric sau produs de patogeni. În condiţii de stres, această substanţă induce expresia genelor represate de către factorul de transcripţie JIN/MYC2, care sunt implicate în răspunsul la stresul hidric dependent de acidul abscisic, reacţiile de apărare la atacul de patogeni şi pentru sinteza etilenei

Creelman şi Mullet (1995) au constatat că în frunzele deshidratate se biosintetizează acid jasmonic; conţinutul acestei substanţe sporind de aproximativ 5 ori, în 2 ore, pentru-ca după 4 ore să scadă la nivelul martorului.

Brassinosteroizii

Brassinosteroizii sunt un grup de hormoni vegetali cu structura asemănătoare cu a hormonilor steroizi animali, care se sintetizează din campesterol. Aceste substanţe sunt implicate în adaptarea plantelor la stresul produs de temperaturile ridicate, secetă şi salinitate şi intervin în numeroase procese fiziologice cum sunt: extensia celulară, fotomorfogeneză, diferenţierea xilemului şi germinarea seminţelor.

Receptorul pentru brassinosteroizi este BRI1 (BR-insensitiv-1), o protein kinază: RLL RLK (leucine rich repeat receptor-like kinase), situată în membranele plasmatice, care leagă brassinosteroizii şi se activează prin autofosforilare. Modul de transmitere a semnalelor nu este bine precizat, dar se consideră că are loc în mod similar cu al celorlalţi hormoni.

Divi şi Krishna (2009) brassinosteroizii stimulează acumularea substanţelor osmotic active, în condiţii de stres hidric.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

4.8. SINTEZA DE POLIAMINE

Poliaminele se găsesac în toate plantele superioare sub formă de diamină: putresceină $NH_2(CH_2)4NH_2$); triamină: spermidină $NH_2(CH_2)3NH(CH_2)4NH_2$) şi tetraamină: spermină $NH_2(CH_2)3NH(CH_2)4NH(CH_2)3NH_2$). Aceste substanţe sunt implicate în numeroase procese fiziologice: transcripţie, translaţie, replicarea AND-ului, condensarea cromatinei, semnalizarea celulară, diviziunea şi diferenţierea celulară, senescenţa şi moartea celulelor. Au de asemenea rol în stabilizarea membranelor, reglarea canalelor de ioni, stabilizarea balanţei cationi/anioni, modularea activităţii enzimelor, sinteza unor macromolecule, creşterea fructelor şi formarea embrionului.

Stresul osmotic cauzat de salinitate sau de secetă determină stimularea procesului de sinteză şi acumularea poliaminelor în plante, care acţionează ca osmoliţi sau se leagă de fosfolipidele membranale pe care le stabilizează..

Arginina şi ornitina reprezintă precursorii acestor substanţe, din care se sintetizează mai întâi putresceina, care este convertită apoi la spermidină şi în final la spermină. Poliaminele au fost identificate în toate organele plantelor, dar se găsesc în cantitate mai mare în ţesuturile aflate în faza de creştere.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

5. MĂSURI PENTRU EVITAREA PAGUBELOR PRODUSE DE MODIFICĂRILE CLIMATICE LA PLANTELE HORTICOLE

Aurelia Diaconu, Toma V., Mihaela Croitoru, Răţoi I., Marieta Ploae, Elena Ciuciuc, Ploae P.

5.1. Reducerea surselor de poluare a atmosferei cu gaze cu efect de seră, din domeniul agricol 168
5.2. Extinderea sistemelor de irigaţii 169
5.3. Îmbunătăţirea managementului apei 179
5.4. Plantarea de perdele forestiere de protecţie 188
5.5. Soluţii tehnologice de combatere a efectelor schimbărilor climatice 193
5.6. Extinderea în cultură a speciilor şi soiurilor rezistente la stresul termic şi hidric 209
5.7. Obţinerea de plante transgenice, rezistente la stresul termic şi hidric 217

Agricultura utilizează aproximativ 70 % din suprafaţa terenului agricol de pe glob şi trebuie să asigure hrana pentru populaţia care după rapoartele Naţiunilor Unite ajunge în prezent la 7,2 bilioane de locuitori. Creşterea populaţiei până în anul 2050 la 9,6 bilioane locuitori, va necesita mărirea suprafeţelor cultivate şi sporirea eficienţei cultivării acestora.

După Lotze-Campen (2011), agricultura contribuie la economia mondială cu 5 %, utilizează 22 % din forţa de muncă şi ocupă 37 - 40 % din suprafaţa uscatului. În multe ţări în curs de dezvoltare, economia este dependentă în principal de agricultură, iar schimbările climatice pot avea efecte dramatice asupra economiei acestor ţări.

În Strategia naţională de dezvoltare durabilă, România 2013 – 2020 – 2030, elaborată de Ministerul Mediului şi Dezvoltării Durabile se precizează că

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

61,8 % din suprafața României, aproximativ 14,7 milioane hectare, este folosită pentru agricultură, din care 214.000 ha cu vii și 205.000 ha cu livezi și pepiniere. Se menționează de asemenea că producția agricolă este mică datorită fragmentării excesive a proprietăților, reducerii gradului de mecanizare a lucrărilor agricole, a irigării și chimizării.

Plantele, ca de altfel toate viețuitoarele de pe glob, s-au adaptat la condiții specifice de mediu, care le permit să-și desfășoare procesele vitale în condiții optime și le asigură perpetuarea speciilor. Ca urmare, modificarea factorilor climatici poate să afecteze metabolismul plantelor și prin aceasta producția și calitatea acesteia precum și posibilitățile de asigurare cu necesarul de resurse alimentare de origine vegetală a populației și cerințele pentru export.

Efectul acestor factori de mediu variază atât în funcție de caracteristicile plantelor, cât și de cele ale factorului de stres. Plantele răspund în mod diferit la acțiunea factorilor de stres în funcție de caracteristicile de specie, soi etc., din acest punct de vedere existând specii sau soiuri rezistente sau sensibile la acțiunea unui factor de stres. Răspunsul variază și în funcție de vârstă, fenofază (creștere, înflorire, fructificare, dormanță etc.), cât și în funcție de organ (ex. florile sunt mai sensibile decât tulpinile).

Efectul factorilor de stres variază și în funcție de caracteristicile acestora: intensitate, ritm de creștere și durată de acțiune. Astfel, creșterea treptată a acțiunii factorului de stres permite plantelor să se aclimatizeze, respectiv să inițieze realizarea unor reacții de răspuns prin care acestea să tolereze acțiunea factorilor de stres, în timp ce creșterea bruscă a acțiunii acestuia, poate să determine moartea acestora.

Modificările climatice afectează și schimbarea regimului pluviometric: volumul precipitațiilor anuale, repartiția lunară a acestora și favorizează apariția de perioade secetoase, sau din contră a unor perioade cu precipitații excesive însoțite de tornade, care produc adevărate dezastre. Creșterea temperaturii poate să determine modificarea zonării plantelor de cultură și deplasarea zonelor op-

time de cultură către latitudini şi altitudini mai mari, poate schimba sortimentul de plante cultivate iar perioadele de creştere şi maturare pentru unele specii, se poate scurta cu 3 – 4 săptămâni.

Încălzirea globală intensifică procesul de transpiraţie a plantelor şi de absorbţie a apei, intensifică procesul de vaporizare a apei de la suprafaţa solului şi reduce cantitatea de apa disponibilă pentru plante.

Temperaturile ridicate, insolaţia puternică, seceta şi irigaţiile excesive determină şi creşterea salinităţii solului care are efecte negative asupra plantelor. Acţiunea simultană a acestor factori de stres induc la plantele de cultură numeroase modificări morfologice, fiziologice, biochimice şi la nivel molecular, care au efecte nefavorabile asupra creşterii, dezvoltării şi producţiei acestora.

În raportul Agenţiei Europene de Mediu (EEA, 2013) se subliniază faptul că în unele zone ale Europei s-a ajuns la un nivel critic în ceea ce priveşte necesarul de apă şi accesibilitatea acesteia. Perioadele lungi secetoase, reducerea debitului râurilor, a nivelului lacurilor şi coborârea nivelului pânzei freatice au consecinţe economice importante, inclusiv în domeniul agriculturii.

Precipitaţiile furnizează apa necesară pentru culturile agricole de pe mai mult de 80 % din suprafaţa globului, dar mare parte din această suprafaţă este expusă la stresul determinat de secetă. Din suprafaţa totală cultivată pe glob, numai circa 18 % este irigată (FAOSTAT, 2006) şi pentru aceasta se foloseşte 60 – 70 % din apa dulce de la suprafaţa solului (Gitai ş.a., 2001).

Acţiunea factorilor de stres poate să determine pierderi care ajung până la 40 – 50 % din producţie. Buchanan ş.a. (2000) au apreciat că pierderile de recoltă la culturile de câmp, datorate factorilor de stres biotici şi abiotici variază în funcţie de specie între 50,7 % şi 82,1 % iar în România, condiţiile climatice din anul 2012 au determinat scăderea producţiei la culturile de câmp din sudul României, cu aproximativ 50 – 60 %.

Parry ş.a. (2004) au apreciat că producţia agricolă mondială va scădea până la sfârşitul acestui secol cu 5 %, iar Fischer ş.a. (2005) consideră că pro-

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ducția agricolă din țările în curs de dezvoltare, va scădea în acest secol cu 5 – 15 %. Tujeda ș.a. (2012) menționează că specialiștii din acest domeniu apreciază că în acest secol, producția de porumb, soia și bumbac va scădea cu 30 – 46 % în condițiile unui scenariu de schimbări climatice moderate și cu 63 – 80 % în condițiile unui scenariu de încălzire globală rapidă.

Modificările climatice care se produc în prezent măresc necesarul de apă pentru irigarea culturilor horticole și intensifică competiția dintre necesitățile de apă pentru agricultură și pentru utilizările neagricole. Din aceste considerente, specialiștii din domeniul agricol: fiziologi, hidrologi, geneticieni, amelioratori, horticultorii etc. trebuie să găsească noi căi pentru creșterea eficienței utilizării apei de către plante. Modificările climatice de pe glob trebuie să fie și în atenția conducătorilor statelor lumii pentru-ca aceștia să ia măsuri hotărâte pentru limitarea și diminuarea efectelor schimbărilor climatice și pentru creșterea producției, în vederea asigurării hranei pentru populație și pentru animale.

5.1. REDUCEREA SURSELOR DE POLUARE A ATMOSFEREI CU GAZE CU EFECT DE SERĂ DIN DOMENIUL AGRICOL

După aprecierile specialiștilor, modificările climatice se datorează în mare măsură acumulării în atmosferă a gazelor de seră, rezultate din activitățile industriale, agricole și casnice. Din totalul emisiilor de gaze de seră, se apreciază că 10 -12 % rezultă din activitățile din agricultură.

Ministerul Mediului și Dezvoltării Durabile a stabilit Strategia Națională de Dezvoltare Durabilă, România 2013 – 2020 – 2030 pentru reducerea acestor emisii, în toate domeniile de activitate,

Dintre măsurile care trebuie luate de unitățile agricole sau de cele care au tangență cu aceasta, se pot menționa următoarele:

- Reducerea producției de gaze de seră de către utilajele și complexele agricole.

- Creşterea cu 10 % a utilizării combustibililor gazoşi pentru transporturile din agricultură.

- Reducerea consumului de energi poluante şi creşterea cu 10 – 15 % a utilizării hidroenergiei, a energiei solare, eoliene şi geotermale.

- Creşterea eficienţei utilizării energiei şi reducerea consumurilor în anul 2030 cu 70 % faţă de media 2001 – 2005.

- Construcţia de sedii cu consum redus de energie (15 – 50 kWh/m^2/an).

Ca urmare a reducerii ritmului de producere a gazelor cu efect de seră se poate diminua procesul de încălzire globală şi fenomenele care îl însoţesc.

În legătură cu realizarea acestor obiective este necesar să se stimuleze activitatea de cercetare şi realizarea de staţii pilot care să promoveze tehnologiile eficiente, sursele alternative de energie, să crească eficienţa utilizării resurselor energetice, să utilizeze şi să îmbunătăţească tehnologiile de utilizare a apei, managementul solului, producerea de alimente ecologice şi să evite degradarea mediului.

Un rol important în realizarea acestor măsuri îl are învăţământul tehnic şi superior care trebuie să implementeze în conştiinţa viitorilor specialişti necesitatea realizării şi respectării acestor obiective.

5.2. EXTINDEREA SISTEMELOR DE IRIGAŢII

Problema irigaţiilor a constituit o preocupare permanentă pentru predecesorii noştri. Încă din anul 1931, Gheorghe Ionescu-Şişeşti preconiza irigaţia ca mijloc eficient de combatere a secetei.

Bartles şi Sunkar (2005) au apreciat că circa 20 % din terenul arabil de pe glob este afectat de secetă iar modificările climatice vor determina extinderea suprafeţelor aride în unele zone şi restrângerea acestora, în alte zone.

Din suprafaţa totală cultivată pe glob, numai circa 18 % este irigată (FAOSTAT, 2006), pentru aceasta se foloseşte 60 – 70 % din apa dulce de la

suprafața solului (Gitai ș.a., 2001) iar productivitatea obținută de pe aceste terenuri este de 3 ori mai mare, comparativ cu cea obținută de pe terenurile neirigate (UE-POPIN, 1994). Creșterea necesarului de alimente pentru aprovizionarea populației a determinat extinderea suprafețelor irigate. Astfel, după UE-POPIN (1994) suprafețele irigate au crescut de la 50 milioane ha în 1900, la 100 milioane ha în anul 1950 și au ajuns la 240 milioane ha în anul 1994. După AQUASTAT în prezent se irigă mai mult de 307 milioane ha, din care 304 milioane ha sunt echipate cu aparatură pentru controlul complet al irigării. Pentru evitarea efectelor negative ale secetei, se preconizează ca până în anul 2070 suprafața de teren agricol irigată de pe glob să crească cu 5 până la 8 % (Doll, 2002).

Suprafața agricolă a României reprezintă 14,6 milioane hectare din care în anul 1990 au fost irigate 3 milioane hectare. Statisticile menționează că în anul 2012 au fost irigate 240.000 ha, dar în realitate s-au irigat numai circa 120.000 ha, ceea ce reprezintă 1,2 % din suprafața agricolă a țării. Irigațiile au fost utilizate cu precădere la culturile de legume, porumb, floarea soarelui, soia, rapiță și cartofi.

Cu sprijin din partea organelor abilitate se consideră că în scurt timp ar exista posibilitatea să fie irigate circa 800.000 de hectare, dar pentru realizarea unui excedent de producție cu destinația export este necesară irigarea a minim 3 milioane hectare.

Terenurile agricole din zonele de stepă și silvostepă de câmpie din sudul României au un climat arid, în care producția agricolă are de suferit în lipsa unui sistem de irigații corespunzător. Extinderea suprafețelor afectate de stresul termo hidric și creșterea suprafețelor deșertificate a fost observată în Banat, Oltenia și Dobrogea și din această cauză irigarea are o importanță vitală pentru realizarea în aceste condiții unor producții constante și de calitate

Cercetările întreprinse până în acest moment au relevat că în zonele în care precipitațiile anuale sunt mai mici de 250 mm, nu se poate practica agricultură fără irigații.

Stabilirea zonelor unde trebuie aplicate irigații la culturile agricole, se face în funcție de caracteristicile climatului, stabilite cu ajutorul indicelui de ariditate calculat după formula lui De Martonne:

Iar. = P/T + 10 mm/°C, în care:

Iar – indicele de ariditate

P – suma precipitațiilor anuale:

T – temperatura medie anuală.

Valoarea acestui indice este cu atât mai mică, cu cât ariditatea zonei sporește. Astfel, valoarea indicelui de ariditate scade de la nord (34) spre sud (24) și de la vest (27) spre est (22). Cele mai aride zone, cu cel mai mic indice de ariditate (<22) se găsesc în zona de est a Bărăganului și în zona de sud a Câmpiei Siretului, așa după cum rezultă din figura 5.1. Din rezultatele obținute de Păltineanu ș.a. (2005) a rezultat că se accentuează riscul extinderii aridității în România și este necesară elaborarea unui sistem mai bun de management al apei.

Apa necesară plantelor provine în principal din precipitațiile din timpul toamnei, iernii și primăverii, care este reținută în sol de coloizii acestuia. Astfel solul argilos poate reține până la adâncimea de 1 m circa 1.500 - 2.000 m^2 apă/hectar, care poate asigura 30 – 40 % din necesarul anual de apă a unei livezi. Pentru creșterea capacității de reținere a apei în sol este necesar să se fertilizări cu substanțe organice care să mărească conținutul de coloizi organici din acesta. Apa eliminată prin evaporarea de la suprafața solului reprezintă circa 50 % din apa reținută de către sol și circa 30 % din apa pierdută prin evapotranspirație (Xiloyanis ș.a., 2012).

Pentru reducerea pierderilor de apă prin evapotranspirație trebuie ca solul să fie afânat cu capilarele întrerupe și trebuie mulcit pentru a reduce procesul de evaporare a apei.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

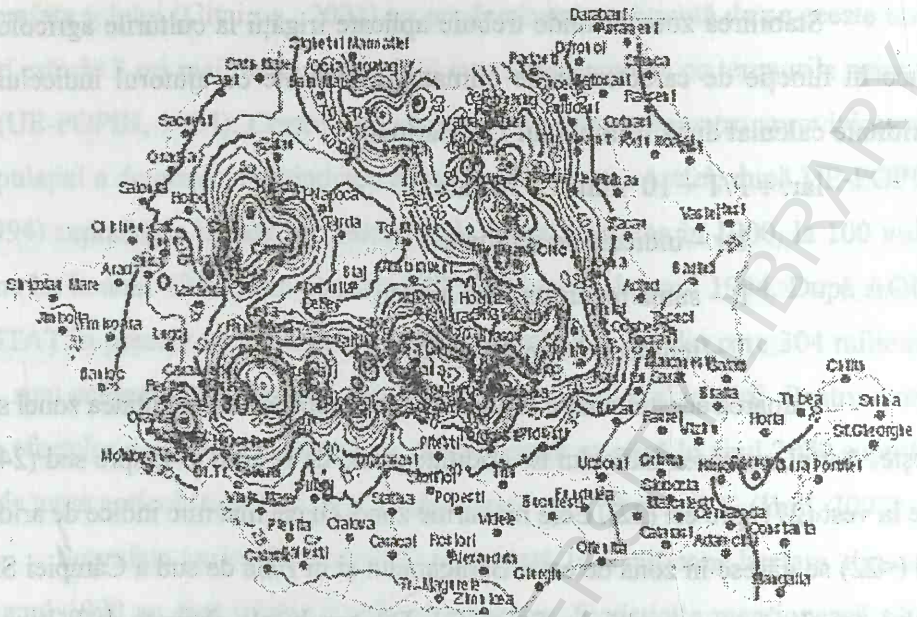


Fig. 5.1. Repartiția teritorială a indicelui de ariditate De Marton (Ia mm/^{0}C) în România (după Păltineanu ș.a., 2005)

Volumul de apă necesar pentru irigare este definit ca volumul de apă necesar pentru a compensa deficitul dintre evapotranspirație și cel al precipitațiilor din perioada de vegetație la care se adaugă pierderile de apă din sol cauzate de alți factori. Ca urmare cerințele de apă pentru irigații depind în principal de condițiile climatice din zona respectivă și de cerințele speciei cultivate și se calculează conform relației:

AI mm = ET – P – ΔS în care:

AI = necesarul de apă pentru irigații mm

ET = evapotranspirația mm

P = precipitații mm

ΔS = modificarea umidității solului mm

Cererea de apă pentru irigații după aprecierile F.A.O. (Conferința Mondială a Alimentației din anul 1984), reprezintă, în medie, 11.400 m^3/ha. Această estimare ia în considerare faptul că orezul reclamă de doua ori mai multa apă decât grâul și alte cereale de câmp. Cifra mai sus menționată, aplicată la extin-

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

derea irigațiilor într-un ritm de 4 milioane hectare anual, duce la estimarea unui necesar suplimentar de 820 de miliarde de metri cubi de apa pe an pentru irigații la nivelul anului 2000 (Lulea C.,1995) .

Irigarea influențează regimul hidrologic al solului și al stratului de aer inferior având rol dublu: pe de o parte asigură umiditatea necesară plantelor, iar pe de alta, reduc efectul termic și procesele de evapotranspirație.

Irigarea culturilor horticole are numeroase avantaje de oarece asigură:

- Protecția culturilor horticole la acțiunea stresului termic și hidric.
- Creșterea umidității solului până la limita cerută de fiecare specie, astfel încât creșterea și dezvoltarea să se realizeze normal.
- Crearea premizelor pentru efectuarea lucrărilor agricole în condiții optime.
- Înlăturarea fluctuațiilor de producție de la un an la altul.

În horticultură se folosesc sisteme moderne de irigații: prin picurare sau microaspersie, alături de sistemele clasice de irigare prin brazdă, care au un consum mare de apă. Cu ajutorul acestora se asigură **norma de irigare** specifică pentru fiecare cultură în parte, respectiv cantitatea totală de apă ce se administrează pe durata perioadei de vegetație. Aceasta este în medie de circa 5.000 t/ha în cazul culturilor legumicole și variază în funcție de specie, soi, vârstă și condițiile climatice.

Pe parcursul perioadei de vegetație se asigură pentru fiecare specie în parte **norma de udare,** care reprezintă cantitatea de apă ce se dă la o udare. Conmsumul zilnic de apă al plantelor legumicole, în lunile călduroase de vară este de circa 50 – 60 m^3/ha și variază în funcție de specie și condițiile climatice.

Numărul de udări depinde de locul unde se face cultura (sere, solarii), de specie și de perioada când se execută cultura.

Aplicarea udărilor, în perioadele foarte călduroase se face de 2 ori/zi (dimineața și seara), evitând astfel perioadele cu temperaturi foarte ridicate, când plantele pot suferi șocuri termice iar frecvența udărilor depinde de consumul de apă și de specia cultivată.

În folosirea irigațiilor trebuie să se țină seama de următoarele condiții:

- Apa să fie curată și nepoluată.

- După prinderea răsadurilor nu se va uda o perioadă de 2 săptămâni pentru a favoriza dezvoltarea rădăcinilor în profunzime;

- Se evită udarea cu apă rece a culturilor timpurii și a celor pretențioase față de temperatură;

- Nu se udă când temperaturile sunt ridicate pentru a evita stresul hidric;

- Se va evita irigarea înainte de recoltarea tomatelor, deoarece există riscul de crăpare a fructelor.

- În anotimpul rece, temperatura apei trebuie să fie aceeași cu a spațiului protejat, pentru a nu determina răcirea solului și reducerea ritmului de creștere al plantelor.

Cercetările realizate în unitățile de cercetare vitivinicole pentru un interval mai lung de timp au evidențiat faptul că deficitul anual de precipitații înregistrat în principalele podgorii ale țării variază între 81 mm (podgoria Miniș – Măderat) și 283 mm (podgoria Murfatlar) (Tabelul 5.1.).

Tab. 5.1. Deficitul anual de precipitații față de cerințele viței de vie în principalele podgorii ale țării (după Țârdea și Dejeu, 1995)

Podgoria	Precipitațiile		Deficitul anual de precipitații mm
	Anuale mm	Din care în perioada de vegetație mm	
Murfatlar	438	235	- 283
Bechet	480	290	-220
Huși	530	350	- 190
Iași	551	346	- 186
Odobești	570	361	-180
Drăgășani	590	304	- 165
Dealul Mare	565	385	- 161
Alba Iulia	550	420	- 117
Târnave	590	440	- 110
Miniș	661	400	- 81

IASI CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

În aceste condiții, având în vedere și consumul ridicat de apă al viței de vie, care în lunile de vară (îndeosebi în luna iulie) poate depăși 80 m^3/ha/zi (în funcție de soi și sistemul de cultură) se impune irigarea plantațiilor viticole (îndeosebi a celor tinere) atunci când rezerva de apă în sol acade sub nivelul Pmin 50 % din IUA (Tabelul 5.2.).

Tab. 5.2. Consumul de apă la diferite soiuri în cultură neirigată (Mt) și irigată (I) și coeficienții de valorificare a apei (C.v.a.) (adaptare după Popa ș.a., 1975)

Soiul	Varian-ta	Mai mm	Iun. mm	Iul. mm	Aug. mm	Sept. mm	Suma mai-sept. mm	Produc-ția de struguri t/ha	C. v. a. m^3/ha.
Centrul viticol Murfatlar									
Riesling italian	Mt	55	60	61	41	21	238	6.00	0.397
	I	63	78	93	78	47	359	8.55	0.365
Pinot gris	Mt	53	72	63	47	28	263	7.79	0.338
	I	63	81	86	84	52	366	8.15	0.386
Chardonnay	Mt	42	56	50	41	22	211	7.95	0.265
	I	58	82	82	75	32	329	9.84	0.302
Afuz Ali	Mt	55	62	63	50	32	262	10.22	0.256
	I	65	78	93	88	53	377	13.46	0.280
Cardinal	Mt	43	45	37	38	43	206	10.82	0.190
	I	78	83	74	54	31	320	13.42	0.219
Centrul viticol Greaca									
Afuz-Ali	Mt	59	68	54	36	30	247	25.60	0.097
	I	62	71	125	103	41	402	33.20	0.121
Cardinal	Mt	76	87	84	77	38	362	10.10	0.358
	I	90	95	114	77	37	413	12.10	0.341
Centrul viticol Valea Călugărească									
Regina de Puglia	Mt	62	86	83	97	50	378	17.30	0.218
	I	81	94	94	102	41	412	21.70	0.203
Muscat Ottonel	Mt	38	75	87	85	51	335	9.70	0.350
	I	46	91	108	89	52	386	11.78	0.341

Se poate constata că odată cu irigarea plantațiilor viticole consumul de apă crește simțiitor. O problemă care prezintă interes este aceea a precizării duratei optime de revenire a udărilor pe aceiași suprafță în cazul aplicării unor norme de udare în funcție de consumul de apă dinainte stabilit al viței de vie, atunci când planta consumă peste 80 % din cantitatea de apă necesară în perioada de vegetație activă.

Cercetările realizate în centrul viticol Murfatlar în perioada 1972-1975 privind comportarea soiului Afuz-Ali la aplicarea unor norme fixe de udare la interval de 10, 15 sau 20 de zile în perioada iunie-august au evidențiat faptul că cea mai bună soluție o reprezintă irigarea cu norme fixe de udare (de 500 m^3 în iunie și 700 m^3 în iulie și august) la interval de 20 de zile. Comparativ cu martorul neirigat s-a obținut un spor de producție de 14.6 %, iar eficiența economică a crescut cu 26 % (Popa și Baciu, 1977).

Irigarea plantațiilor viticole în condiții de secetă pedologică are un efect benefic atât asupra dezvoltării vegetative a butucilor de viță de vie, dar și asupra producției de struguri și calității acesteia (Tabelul 5.3.). Chiar dacă, în general, irigarea plantațiilor viticole diminuează conținutul de glucide din struguri, în condiții de secetă excesivă ea are un efect benefic asupra acumulăriiacestora.

Având în vedere consumul mare de apă necesar irigării plantațiilor viticole în anii cu deficit hidric accentuat s-a impus ca o necesitate utilizarea unor metode noi de irigare a viței de vie care să asigure un coeficient de utilizare a apei de irigare mai ridicat comparativ cu metodele clasice de irigare (prin brazde și aspersiune) și care să nu influențeze în mod negativ calitatea producției de struguri în arealele viticole DOC.

În acest sens la ICDVV Valea Călugărească în intervalul 1999-2000, ani considerați ca excesivi de secetoși, au fost testate două noi metode de irigare a viței de vie, respectiv irigarea subterană utilizând tuburi poroase tip TUPOREX (cu diametrul de 13 și 16 mm) și irigarea prin picurare utilizând conducte cu fante de picurare încorporate tip T-TAPE.

Din datele prezentate în tabelul 5.3. se remarcă faptul că în anii secetoşi, irigarea a determinat creşterea producţiei de struguri cu 5,6 – 36,0 % în anul 1986 şi cu 26,8 – 82,6 % în anul 1987.

Tab. 5.3. Influenţa irigaţiei asupra viţei de vie (prelucrare după Mihalache, ş.a., 1989)

Centrul viticol	Soiul/ Portaltoiul	Lemn maturat m/but.		Producţia de struguri t/ha			Glucide g/l		Aciditate totală g/l H_2SO_4	
		Neirigat	Irigat	Neirigat	Irigat	%	Neirigat	Irigat	Neirigat	Irigat
Anul 1986										
Murfatlar	Pinot gris/Kober 5 BB	11.3	12.5	8.6	9.9	115.1	209	213	4.2	4.5
Valea Călugărească	Merlot/ Kober 5 BB	12.5	14.6	12.3	14.6	118.7	202	208	5.7	5.2
Pietroasa	Fetească regală/ Kober 5 BB	6.1	-	12.5	-	-	180	-	5.6	-
Iaşi	Aligote/ Kober 5 BB	-	-	15.4	16.4	105.6	211	199	5.6	6.1
Miniş	Oporto/ Kober 5 BB	7.8	15.2	10.0	13.6	136.0	182	134	4.8	5.5
Anul 1987										
Murfatlar	Pinot gris/Kober 5 BB	15.3	14.5	1.9*	2.7*	-	213	199	6.9	6.2
Valea Călugărească	Merlot/ Kober 5 BB	14.6	19.2	6.3	10.8	171.4	227	251	5.4	4.9
Pietroasa	Fetească regală/ Kober 5 BB	5.3	8.1	6.9	12.6	182.6	190	207	5.5	5.5
Iaşi	Aligote/ Kober 5 BB	-	-	4.4*	4.8*	-	200	197	6.1	6.5
Miniş	Oporto/ Kober 5 BB	6.1	9.8	7.1	9.0	126.8	204	207	6.7	6.5

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Conținutul în glucide și aciditatea totală a strugurilor din variantele irigate și neirigate au prezentat variații în funcție de soi și centrul viticol.

Irigațiile au avut un efect benefic și asupra rezervei de apă în sol și implicit asupra dezvoltării vegetative a plantelor, a producției de struguri și calității acesteia (Tabelele 5.4. și 5.5.).

Tab. 5.4. Regimul apei în sol la începutul și sfârșitul perioadei de vegetație a viței de vie în condiții de irigare și neirigare (adâncimea 0-100 cm) (după Pîrcălabu și Șerdinescu, 2004)

Varianta	P min. 50% din IUA m^3/ha	Rezerva inițială de apă în sol (01.04.)		Precipitații			Norma de irigare m^3/ha	Rezerva finală de apă în sol (30.09.)	
		m^3/ha	± față de Pmin.	Normala m^3/ha	Anual m^3/ha	± m^3/ha		m^3/ha	± față de Pmin.
Anul 1999									
Neirigat	2852	3078	+ 226	600.2	564.7	- 35.5	-	2470	- 382
Irigare subterană TUPOREX 13 mm		3078	+ 226				1510	3052	+ 200
Irigare subterană TUPOREX 16 mm		3078	+ 226				1937	3082	+ 230
Irigare prin picurare		3078	+ 226				2130	3082	+ 230
Anul 2000									
Neirigat	2852	2911	+ 59	600.2	325.2	- 275.0	-	2664	- 188
Irigare subterană TUPOREX 13 mm		3014	+ 162				2213	3146	+ 294
Irigare subterană TUPOREX 16 mm		3058	+ 206				2047	3161	+ 309
Irigare prin picurare		3058	+ 206				2258	3161	+ 309

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tab. 5.5. Influența irigației asupra creșterilor vegetative, producției de struguri și calității acesteia (soiul Fetească regală/SO4) (adaptare după Pîrcălabu și Șerdinescu, 2004)

Varianta	Producția de struguri		Lemn eliminat la tăiere		Zahăr g/l	Aciditate totală g/l H_2SO_4	Indicele gluco-acidimetric
	t/ha	%	Kg/butuc	%			
Anul 1999							
Neirigat	6.0	100	0.371	100	152.7	6.0	25.5
Irigare subterană TUPOREX 13 mm	11.7	195	0.680	183	158.8	5.9	26.9
Irigare subterană TUPOREX 16 mm	11.4	190	0.698	188	196.7	6.1	32.2
Irigare prin picurare	11.2	187	0.730	197	200.0	6.1	32.8
Anul 2000							
Neirigat	17.2	100	0.546	100	187.4	3.2	58.6
Irigare subterană TUPOREX 13 mm	19.6	114	0.683	125	192.7	3.1	62.2
Irigare subterană TUPOREX 16 mm	18.6	108	0.701	128	194.5	3.1	62.7
Irigare prin picurare	22.3	130	0.871	160	192.7	3.4	56.7

5.3. ÎMBUNĂTĂȚIREA MANAGEMENTULUI APEI

Apa potabilă de pe glob reprezintă 2,5 % din total având un volum de 35 milioane km^3, din care 24 milioane km^3 (70 %) se găsește sub formă de ghețari și zăpada permanentă, 105.000 km^3 (0,30 %) în râuri și lacuri, 10.882 milioane km^3 (31,1 %) se găsește în bazine subterane, sol și permafrost și 13.000 km^3 (0,04 %) se găsește sub formă de vapori, în atmosferă.

După statisticile Eurostat, resursele de apă la nivel European, sunt mai mari în Suedia (20.000 m^3/loc./an), ajung la 3.000 m^3/loc./an în cele mai multe țări, inclusiv România și sunt foarte mici în Malta (188 m^3/loc/an)

Rezervele de apă sunt reînoite permanent ca urmare a circuitului permanent care se desfăşoară în natură. Astfel, apa din organismele vii se elimină prin transpiraţie, cea din sol, râuri, lacuri şi mări se evaporă ajungând în atmosferă, de unde revine sub formă de precipitaţii. Din cantitatea de 110.000 km^3 apă căzută sub formă de precipitaţii, circa 70.000 km^3 revin în atmosferă ca urmare a desfăşurării procesului de evapotranspiraţie iar circa 40.000 km^3 sunt reţinuţi de către sol sau se scurg în râuri şi lacuri (FAO-AQUASTAT, 2014)

Rezervele de apă sunt utilizate în funcţie de resursele existente şi de necesităţi. Astfel, consumul mondial de apă a fost de 600 km^3 în anul 1900, a crescut la 3.790 km^3 în anul 1995 şi se apreciază că va ajunge la peste 4.500 km^3 în anul 2025.

Consumul mediu de apă la nivel mondial este de 650 m^3/loc/an din care 70 % sunt utilizaţi în agricultură, 22 % în industrie şi 8 % pentru nevoi canice. Se remarcă deci faptul că apa folosită în agricultură, pentru irigare, reprezintă ponderea în consumul de apă şi aceasta se cifrează la circa 1.570 km^3/an. Din această cantitate circa 10 % rămâne în sol iar 90 % este utilizată de către plante şi se elimină prin evapotranspiraţie

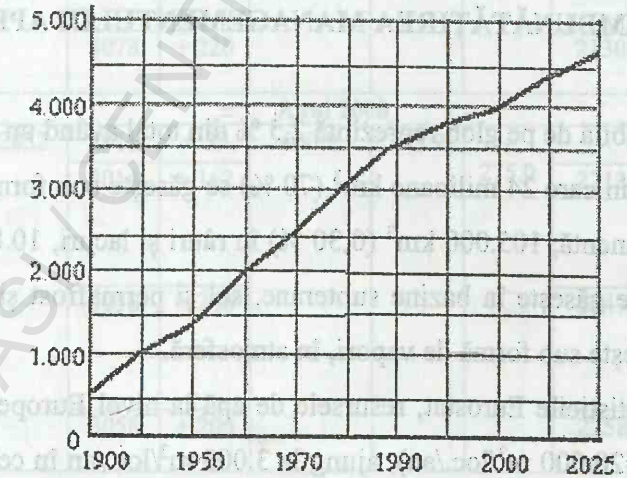


Fig. 5.2. Consumul mondial de apă (km^3/an)

În România, consumul de apă este de circa 485 m^3/loc/an din care aproximativ 45 % este utilizată în agricultură. Din prognozele realizate până în prezent rezultă că necesarul de apă pentru agricultură va creşte în anul 2025 cu circa 14 % faţă de cel actual, în timp ce apa provenită din precipitaţii va scădea datorită modificărilor climatice. Ţinând cont de aceste considerente, Uniunea Europeană a elaborat în anul 2000 Directiva cadru pentru apă iar Agenţia Europeană de Mediu (EEA) a elaborat Raportul nr.1/2012, care au avut următoarele obiective principale:

- Asigurarea unor resurse suficiente de apă potabilă pentru consumul populaţiei şi pentru diferitele ramuri ale economiei în condiţiile diminuării resurselor de apă şi a creşterii cerinţelor pentru aceasta.

- Protecţia calităţii apei.

- Evitarea efectelor secetei prin irigare şi creşterea eficienţei acesteia la 75 % în cazul utilizării aspersoarelor şi la 90 % la irigarea prin picurare

- Evitarea efectelor inundaţiilor prin îndiguiri şi crearea de bazine de retenţiei a apei..

Din aceste obiective rezultă că este necesar să se ia măsuri pentru utilizarea cât mai eficientă a apei şi îmbunătăţirea managementului acesteia.

Managementul apei include totalitatea măsurilor care se iau pentru satisfacerea necesarului de apă, cu utilizarea minimă şi eficientă a resurselor. La baza acestui program trebuie să stea principiile de bază care rezultă din Directiva cadru pentru apă:

- Apa este o resursă epuizabilă şi vulnerabilă.
- Apa este un bun naţional şi trebuie asigurată menţinerea calităţii acesteia
- Promovarea managementului participativ prin care toţi utilizatorii trebuie să fie consultaţi la luarea deciziilor.
- Apa este un bun economic şi utilizatorii trebuie să plătească pentru aceasta.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Îmbunătățirea mamagementului apei în horticultură include luarea unor măsuri legate de:

1. Calitatea apei
   - Evitarea poluării apelor cu insecticide, fungicide, nitrați, nitriți, reziduuri de combustibili etc.
   - Utilizarea îngrășămintelor cu solubilizarea lentă.
   - Epurarea și reutilizarea apelor reziduale.
   - Desalinizarea și utilizarea apei marine.
2. Reducerea consumurilor și pierderilor de apă în procesul de irigare
   - Extinderea irigațiilor prin picurare.
   - Monitorizarea și contorizarea consumurilor de apă.
   - Automatizarea distribuției apei.
   - Impermeabilizarea canalelor și folosirea conductelor pentru transportul apei.
   - Stocarea apei din precipitații sau scurgeri în acumulări mici.
3. Conservarea apei în sol
   - Afânarea superficială a solului și menținerea capilarității acestuia.
   - Fertilizarea odată cu afânarea solului
   - Mulcirea cu resturi vegetale și cu mulci plastic.
4. Măsuri agrotehnice
   - Elaborarea de programe de irigare corelate cu relația sol – plantă – condiții climatice.
   - Aplicarea irigațiilor în fazele critice de dezvoltare a plantelor.
   - Cultivarea de soiuri rezistente la secetă.
   - Irigarea cu norme reduse.
   - Creșterea eficienței utilizării apei prin utilizarea metodelor eficiente de udare prin aspersiune și prin picurare.
5. Măsuri educaționale

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- Încurajarea cercetărilor pentru stabilirea de măsuri şi tehnici novatoare în acest domeniu.

- Promovarea tehnologiilor pentru managementul apei în universităţi şi la lucrătorii din agricultură.

- Creşterea gradului de conştientizare a populaţiei privind economisirea apei.

- Diseminarea informaţiilor.

Irigarea cartofului timpuriu care are perioada mai scurtă de vegetaţie se crede că nu este necesară din cauză că apa acumulată în sol din toamnă şi până în primăvară, la care se vor adăuga eventualele precipitaţii care mai apar, ar fi suficientă pentru asigurarea unor producţii satisfăcătoare. Această părere este numai parţial adevărată şi are valabilitate numai pentru zona colinară şi montană, pentru centrul şi nordul ţării unde regimul precipitaţiilor este mai bogat. Pentru zonele de câmpie din România, unde se găsesc majoritatea suprafeţelor cultivate cu cartof timpuriu, această opinie nu este valabilă. Zonele de câmpie sunt cunoscute în general ca cele mai secetoase din ţară având cel mai redus volum anual de precipitaţii. În plus, seceta aici se manifestă în unii ani chiar din momentul plantării cartofului (începutul lunii martie). Caracterul secetos al zonelor de câmpie este accentuat şi de frecvenţa mare şi viteza cu care suflă vânturile, precum şi de temperaturile ridicate care se înregistrează în timpul verii. În aceste zone cultura cartofului nu se poate practica decât acolo unde există posibilitate de irigare şi nu numai atât, dar aceste posibilităţi vor trebui să poată fi utilizate chiar de la începutul lunii martie.

Consumul de apă al cartofului, este diferit în timpul vegetaţiei. Acesta este mai mic (18%), în timpul formării aparatului vegetativ (aprilie-mai) şi mai mare (86%) în timpul creşterii tuberculilor (iunie-iulie). Nici consumul mediu zilnic nu este acelaşi în cursul vegetaţiei. Cel mai mic consum mediu zilnic 0,5 mm/zi s-a înregistrat în luna aprilie şi a crescut până în luna iulie când s-a ajuns

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

la 5,0 mm/zi, după care a început să scadă. Pentru cartoful recoltat până la 1 iulie se consumă cca 220 mm apă din totalul de 372,9 mm cât se consumă în toată perioada de vegetație dacă plantele se lasă să ajungă la maturitate.

Irigarea reprezintă veriga tehnologică care face posibilă cultura *cartofului* în zona de câmpie din sudul țării. La cartoful pentru consumul timpuriu se aplică în general circa 2400-2800 mc/ha, cu o normă de udare de 250 -300 mc/ha.(Diaconu ș.a., 2010).

Cercetările efectuate da CCDCPN Dăbuleni a scos în evidență faptul că irigarea plantelor a stimulat procesele fiziologice din plante, în funcție de soi, condiții climatice și de plafonul de umiditate la care s-a aplicat udarea.

În condițiile lunii mai, 2010, la plantele irigate la plafonul de 50 % din IUA s-a constatat că intensitatea procesului de transpirație a variat între 3,02 mmoli $H_2O/m^2/s$ la soiul *Tresor* și 4,76 mmoli $H_2O/m^2/s$ la soiul *Dacia* iar în luna iunie intre 3,52 mmoli $H_2O/m^2/s$ la soiul *Tresor* și 4,61 mmoli $H_2O/m^2/s$ la soiul *Luiza.*

Intensitatea procesului de fotosinteză a înregistrat în luna mai valori cuprinse între 12,5 μm $CO_2/m^2/s$ la soiul *Luiza* și 16,8 μm $CO_2/m^2/s$ la soiul *Tâmpa* iar în luna iunie între 5,65 μm $CO_2/m^2/s$ la soiul *Dumbrava* și 12,54 μm $CO_2/m^2/s$ la soiul *Cosmos.* De remarcat că producțiile au oscilat între 22 t/ha tuberculi comerciabili la soiul *Dacia* și 51 t/ha la soiul *Virgo.*

La plantele irigate la plafonul de 80 % din IUA, intensitatea procesului de transpirație a înregistrat valori cuprinse între 3,49 mmoli $H_2O/m^2/s$ la soiul *Dacia* și 4,14-4,35 mmoli $H_2O/m^2/s$ la soiurile *Cosmos*, *Virgo* și *Tresor.* În luna iunie valorile au fost cuprinse între 3,38 mmoli $H_2O/m^2/s$ la soiul *Tampa* și 4,93 mmoli $H_2O/m^2/s$ la soiul *Tresor.*

Intensitatea fotosintezei în luna mai a înregistrat valori mari la toate soiurile fiind cuprinse între 13,84 μm $CO_2/m^2/s$ la soiul *Dacia* și 18,14 μm $CO_2/m^2/s$

la soiul *Virgo*, iar în luna iunie între 11,85 μm $CO_2/m^2/s$ la soiul *Tâmpa* şi 15,05 μm $CO_2/m^2/s$ la soiul *Tresor*.

Irigarea plantelor la 80 % din IUA a mărit randamentul fotosintetic al soiurilor influenţând producţia de tuberculi comerciabili care a fost maximă la soiurile Virgo, Tresor şi Cosmos cuprinsă între 54-58 t/ha comparativ cu soiul Dacia care a înregistrat numai 27 t/ha tuberculi comerciabili.

Irigarea plantaţiilor viticole este necesară în cazul tehnologiei moderne de cultivare a viţei de vie pe solurile nisipoase (Baniţă ş.a.,1981; Grumeza, 1979; Ploae, 1994 şi 1997). Astfel, prin aplicarea unei norme de irigare egală cu 2100 m^3 /ha, administrată în 5 norme de udare (tabelul 5.6.), producţia soiurilor *Saint Emilion şi Afuz-Ali* a crescut cu 11,4 -12,1 t/ha struguri, adică cu 104,3-145,8%, (Grumeza N., 1974).

Tabelul 5.6. Influenţa irigaţiei asupra producţiei de struguri în condiţii de cultură pe nisipurile de la Bechet, în anul 1973 (Grumeza, 1974)

Varianta	Norma de irigare m^3/ha	Nr. udări	Producţia de struguri					
			St. Emilion		Sangiovese		Afuz - Ali	
			t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
Martor	-	-	8,3	100	9,2	100	8,4	100
Co*+40% din IUA	1160	2	17,5	210,8	15	163	16,5	200
Co +55% din IUA	2100	5	20,4	245,8	18,8	204,3	19,8	238,1

* coeficientul de ofilire

Comparând rezultatele obţinute în 12 ani de experimentare (1985-1996) privind consumul de apă al viţei de vie irigată prin aspersiune şi prin picurare, Ploae (1997) a desprins o serie de concluzii importante pentru practica irigaţiei în viticultura de pe solurile nisipoase. În primul rând, prin utilizarea udării prin picurare, consumul total de apă al viţei de vie s-a redus în medie cu 1268 m^3

/ha, reprezentând circa 26% din consumul total al viței de vie irigată prin aspersiune (tabelul 5.7.).

În funcție de caracteristicile climatice ale anului, metoda de udare prin picurare a condus la reducerea consumului total de apă al viței de vie cu circa 30 % (anii 1986 și 1991), constituind un avantaj deosebit al metodei în ceea ce privește economisirea apei de irigație.

Tab. 5.7. Consumul de apă total la vița de vie cultivată pe solurile nisipoase din sudul Olteniei în perioada 1985 - 1996 (Ploae, 1997)

Anul	Irigare prin aspersiune (m^3/ha)	Irigare prin picurare (m^3/ha)	Diferențe	
			absolute (m^3/ha)	relative (%)
1985	4867	3598	1269	26,0
1986	4589	3233	1356	29,5
1987	4817	3530	1287	26,7
1988	4944	3694	1250	25,3
1989	4727	3442	1285	27,2
1990	4802	3491	1311	27,3
1991	4550	3203	1347	29,6
1992	4892	3633	1259	25,7
1993	5057	3830	1227	24,3
1994	5045	3825	1220	24,2
1995	4966	3728	1238	24,9
1996	5199	4032	1167	22,4
Media	4871	3603	1268	26,0

În funcție de caracteristicile climatice ale anului, metoda de udare prin picurare a condus la reducerea consumului total de apă al viței de vie cu circa 30 % (anii 1986 și 1991), constituind un avantaj deosebit al metodei în ceea ce privește economisirea apei de irigație.

În ceea ce privește consumul mediu zilnic al viței de vie, udarea prin picurare a condus la reducerea valorilor acestuia cu 4,3-11,3 m^3 /ha/zi (tabelul 5.8.).

Tab. 5.8. Consumul de apă mediu diurn al viței de vie pe solurile nisipoase din sudul Olteniei în mm (1985 - 1996), (după Ploae, 1997)

Metoda de udare	Luna				
	IV	V	VI	VII	VIII
Aspersiune	1,67	2,70	3,82	4,43	3,28
Picurare	1,24	1,99	2,80	3,30	2,42

În condiții de irigare producția medie de struguri, la soiul Sangiovese, realizată pe solurile nisipoase din sudul Olteniei, în perioada 1985-1996, a fost de 17,6 t/ha în cazul irigării prin picurare și de 15,8 t/ha în cazul irigării prin aspersiune. Diferențele de producție obținute prin irigare față de martorul neirigat au variat între 8,0-9,8 t/ha, fiind asigurate foarte semnificativ pozitiv, din punct de vedere statistic (tabelul 5.9.).

Sporul de producție obținut la varianta irigată prin picurare, comparativ cu varianta irigată prin aspersiune a fost de 1,8 t/ha, fiind nesemnificativ din punct de vedere statistic.

Tab. 5.9. Producția de struguri la soiul Sangiovese în condiții de irigare pe solurile nisipoase din sudul Olteniei (1985 - 1996), (Ploae P., 1997)

Specificare	Martor neirigat	Aspersiune	Picurare
Număr de udări	-	5	13
Norma de irigație, m^3/ha	-	2250	1215
Producția, t/ha	7,8	15,8***	17,6***
Eficiența valorificării apei de irigație, m^3 apă/tonă spor	-	281	124

DL 5 % =1,98 t/ha; DL 1,0 % = 2,8 t/ha; DL 0,1 % = 4,0 t/ha

Pe baza calculelor de bilanț al apei din sol, efectuate pe un șir de 25 ani consecutivi (1971-1996), a rezultat că, norma de irigare anuală, cu asigurarea de 80 %, în cazul irigării prin picurare a viței de vie, cultivată pe solurile nisipoase

de la Dăbuleni, a fost de 1278 m^3/ha. Norma netă de irigare lunară, cu asigurarea de 80 % a fost de 770 m^3 /ha şi s-a înregistrat în luna iulie (tabelul 5.10.).

Tab. 5.10. Elementele regimului de irigare prin picurare, la vița de vie, în condițiile solurilor nisipoase din sudul Olteniei (Ploae, 1997)

Program de udare	Număr de udări/ Durata udării (ore)	Intervalul dintre udări (zile)	Norma de udare (m^3/ha)	Norma de irigație (m^3/ha)	Hidromodulul net (l/s/ha)
28 zile 24 ore/zi	7/6	4	110	770	0,32

p = 0,30; i_h = 18m^3/ha/oră

Rezultatele de cercetare cu privire la momentul optim de încetare a udărilor în plantațiile viticole irigate de pe solurile nisipoase au pus în evidență faptul că umiditatea din sol trebuie menținută în jumătatea superioară a intervalului activ prin udări în caz de secetă, până când conținutul de zaharuri acumulate în bob ajunge la 120-130 g/l, la soiurile pentru vin şi 100-110 g/l, la soiurile de masă (Grumeza, 1979).

5.4. PLANTAREA DE PERDELE FORESTIERE DE PROTECȚIE;

Perdelele forestiere de protecție sunt zone plantate cu vegetație forestieră, care reprezintă 4 – 6 % din suprafața terenului agricol, cu scopul de al proteja de efectele factorilor dăunători. Acestea reţin zăpada în timpul iernii, feresc solul de eroziunea produsă de vânt şi precipitații, consumă dioxidul de carbon în procesul de fotosinteză reducând nivelul gazelor de seră, frânează extinderea procesului de deşertificare şi asigură un surplus de masă lemnoasă. Crearea unor rețele de perdele forestiere pentru protecția culturilor agricole contribuie la

reducerea pierderilor de apă din sol şi plante şi la creşterea producţiei agricole de pe suprafeţele protejate cu până la 20 %.

Dănescu ş.a. (2007) menţionează că primele perdele forestiere au fost realizate în perioada 1906 – 1935, când s-au plantat peste 1.000 ha. În perioada 1947 – 1960 s-au mai plantat peste 5.000 ha în Dobrogea, Bărăgan şi sudul Olteniei, pentru-ca după anul 1970 să se planteze perdele forestiere de protecţie numai în sudul Olteniei.

După anul 1989 o mare parte dintre perdele forestiere de protecţie au fost defrişate. Acest proces de defrişare, corelat cu neutilizarea sistemelor de irigaţii şi cu accentuarea procesului de eroziune eoliană a accentuat procesul de deşertificare mai ales în zonele din sud-vestul României, unde predomină soluri nisipoase, aşa cum este zona Dăbuleni.

Amplasarea perdelelor agroforestiere perpendicular pe direcţia vântului dominant, este considerată ca o primă măsură cu caracter permanent şi de lungă durată pentru prevenirea şi combaterea acestui proces natural de degradare a solurilor nisipoase şi de protejare a culturilor agricole. Rezultatele cercetărilor efectuate în acest scop au arătat că spaţiul protejat de vânt în spatele perdelei agroforestiere este de cca. 20 de ori înălţimea perdelei. Ca măsură agrofitotehnică specifică, culturile în fâşii contribuie de asemenea, la prevenirea şi combaterea deflaţiei pe solurile nisipoase, prin protejarea reciprocă a culturilor păioase şi prăşitoare.

Pe suprafeţe mici, izolate, unde pericolul deflaţiei este deosebit de mare (aşa-zise " focare de deflaţie") se recomandă utilizarea metodelor chimice (emulsii de substanţe bituminoase, polimeri sintetici) sau mecanice (paranisipuri, gărdulețe din tulpini de plante, mulci, etc).

Pe suprafeţele ocupate cu plante legumicole sau plantaţii viti-pomicole se recomandă benzile din secară, care alături de efectul antideflaţional, constituie şi sursă de materie organică prin încorporarea lor în sol în faza de burduf a secarei. Plantaţiile de pomi fructiferi şi viţă de vie, constituie obstacole în calea

vântului, contribuind la reducerea vitezei vântului și împiedicând desfășurarea deflației.

Prin realizarea perdelelor forestiere se va obtine:

- Reducerea efectelor secetelor, în condițiile unei clime temperat continental excesive și a modificărilor climatice.

- Diminuarea vitezei vântului cu 30 – 50 % și prin aceasta reducerea sau împiedicarea spulberarii zăpezii, solului, ingrășămintelor și semintelor, evitarea furtunilor de praf, a culcării lanurilor, ruperii ramurilor și scuturarea prematură a florilor și fructelor.

- Reducerea eroziunii și transportului eolian a solului fertil de la suprafață și în special a humusului ceea ce determină în aceste condiții menținerea capacității de reținere a apei, diminuarea procesului de levigare în profunzime a substanțelor solubile și menținerea gradului de fertilitate a solului (Ignat ș.a., 2009).

- Folosirea mai eficienta a unor terenuri improprii culturilor agricole și crearea de zone verzi cu functii multiple.

- Diminuarea dezrădăcinării culturilor tinere, evitarea culcării, răvășirii și scuturării premature a semințelor, precum și împiedicarea răspândirii prin vânt a semințelor de buruieni.

- Reducerea evapotranspirației prin scăderea amplitudinii diurne a temperaturii și sporirea umidității aerului de la suprafața culturilor.

- Ameliorarea microclimatului din zonă prin reducerea amplitudinii diurne a temperaturii cu 2 – 4 °C, a amplitudinilor anuale cu 1 – 2 °C și creșterea umidității aerului cu aproximativ 18 %.

- Creșterea suprafețelor cu zone verzi și modificarea peisajului local.

- Diminuarea concentrației gazelor de seră prin consumul de către plantele lemnoase a dioxidului de carbon și producerea de oxigen în procesul de fotosinteză

- Vegetația lemnoasă asigură confortul termic în zilele toride de vară, reduce poluarea fonică, crește gradul de ionizare a aerului și influențează direct sau indirect sănătatea oamenilor, determinând și o stare psihică corespunzătoare.

Sistemul antideflaționaI proiectat și realizat în cadrul amenajării Sadova –Corabia a ținut seamă de rezultate cercetărilor atât la realizarea sistemului de perdele forestiere, cât și la lucrările de amenajare a teritoriului. Totodată, în cadrul sistemului de agricultură specific solurilor nisipoase s-au elaborat tehnologii de cultivare a plantelor care au prevăzut și metode de combatere a eroziunii eoliene. În anul 1969 prin HCM 1898 s-a aprobat planul dși măsurile de amenajare pentru sistemul de irigații Sadova –Corabia, prin care s-a dispus defrișarea pădurilor din zona sistemului (cca. 9000 ha) și înființarea de perdele forestiere de protecție care au suprafața de 1400 ha și o lungime de 2000 km. Pe solurile nisipoase cu grad ridicat de expunere au fost amplasate perdele forestiere din salcâm cu lățimea de 10 m distanțate la 288 m pe terenurile cele mai expuse și la 560 m pe terenurile cu grad de expunere mai redus.

Imediat după anul 1990 s-a constatat o intensivizare a fenomenului de deflație determinată de apariția noilor forme de proprietate asupra terenurilor agricole, care au condus la tăierea abuzivă a unor perdele forestiere de protecție, defrișarea unor suprafețe întinse de pădure, plantații viticole și livezi și practicarea unei agriculturi fără măsuri agrofitotehnice de prevenire și combatere a acestui fenomen.

În prezent putem spune că fenomenul de eroziune eoliană se manifestă într-o măsură redusă în zona solurilor nisipoase datorită următoarelor aspecte:

- au fost refăcute în cea mai mare parte perdelele forestiere cu precădere în zonele cu gradul cel mai ridicat de expunere, astfel că suprafața ocupată cu perdele forestiere este de 1400 ha;

- o parte din solurile nisipoase cu grad de fertilitate redus, supuse eroziunii eoliene și neexploatabile în condiții de eficiență economică au trecut în

BCU IAȘI CENTRALA UNIVERSITARĂ

proprietatea Regiei Pădurilor, suprafața împădurită fiind de 2886 ha(HG 876/1997 și HG 357/2002);

- numărul mare de proprietăți, cu structuri diferite de culturi determină realizarea unui sistem empiric de culturi în fâșii;

- suprafețele mari de terenuri nisipoase rămase necultivate determină creșterea gradului de acoperire cu vegetație sau resturi vegetale.

Necesitatea măsurilor de combatere a eroziunii eoliene pe solurile nisipoase se va menține și în perspectiva anului 2025. Schimbările climatice prognozate vor determina creșterea gradului de aridizare și implicit a gradului de expunere a terenului la eroziune eoliană. Se estimează comasarea suprafețelor din amenajarea Sadova - Corabia în ferme agricole de dimensiuni mijlocii și mari, pentru exploatarea cărora sistemul de combatere a deflației așa cum a fost conceput prin proiectul de realizare a incintei amenajate Sadova–Corabia și sistemul de agricultură specific solurilor nisipoase este obligatoriu. Terenurilor a căror exploatare agricolă nu este profitabilă vor primi alte destinații(păduri, parcuri ecologice naturale, etc.) Exploatarea agro-silvică a solurilor nisipoase poate fi o alternativă la agricultura tradițională și totodată una dintre măsurile de stăvilire a eroziunii eoliene.

Modificările climatice care au loc în perioada actuală care determină accentuarea fenomenului de secetă și extinderea zonelor deșertificate au determinat luarea unor măsuri adecvate, care să reducă sau să evite aceste fenomene. Una dintre aceste măsuri este prevăzută în Legea nr. 289/ 2002, care prevede înființarea perdelelor forestiere de protecție a terenurilor agricole în zonele frecvent afectate de secetă. Ulterior, prin HG nr. 548/2003 s-au stabilit atribuțiile MAPDR ca minister coordonator și a comandamentelor județene iar prin GG nr. 155/2004 s-a stabilit conținutul cadru al Studiului pentru fundamentarea înființării perdelelor forestiere de protecție iar prin Hotărârea Guvernului României nr. 1343/2007 s-a aprobat înființarea perdelelor forestiere de protecție a câmpului în județele Constanța, Ilfov și Tulcea

5.5. SOLUȚII TEHNOLOGICE DE COMBATERE A EFECTELOR SCHIMBARILOR CLIMATICE

Studiile climatice întreprinse în ultimele decenii, precum și scenariile climatice ce vizează următoarele decenii, evidențiază o tendință de modificare a climatului în majoritatea podgoriilor și centrelor pomicole și legumicole din Romînia în sensul creșterii regimului termic pe fondul unei repartiții neuniforme și în general nefavorabilă a precipitațiilor, fapt ce determină apariția în perioada de vegetație a unor perioade (mai scurte sau mai lungi) de secetă pedologică puternică, care afectează dezvoltarea vegetativă și capacitatea productivă a plantelor.

În aceste condiții trebuie să se asigure menținerea umidității solului aplicarea unor tehnologii adecvate de cultivare.

Perioada de semănat trebuie astfel stabilită încât fenofazele de înflorire, fructificare și maturare să aibă loc în afara perioadelor cu condiții de stres. De asemenea se vor extinde culturile în solarii și mai ales în adăposturi joase tip tunel, pentru tomate, ardei, vinete, castraveți, varză, pepeni verzi și pepeni galbeni.

În vederea protejării și limitării efectelor insolației, se vor utiliza plasele de umbrire, care se folosesc din ce în ce mai des pentru culturile din solarii și a celor din câmp liber.

Pentru creșterea rezistenței plantelor la factorii de stres altoirea tomatelor, ardeiului, vinetelor, pepenilor verzi, pepenilor galbeni și castraveților trebuie folosită tot mai des în practica curentă a producătorilor de legume.

Tehnologiile aplicate trebuie să asigure plantelor o dezvoltare echilibrată, cu o expunere cât mai redusă la factorii de stres, la atacul agenților patogeni și dăunătorilor iar cultivare a plantelor legumicole prin fertirigare va deveni preponderentă în zona solurilor nisipoase.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Alegerea terenului și pregătirea solului sunt măsuri importante care contribuie la asigurarea apei necesare plantelor horticole. Solurile trebuie alese în funcție de capacitatea lor de a reține și înmagazina apa provenită din precipitații și capacitatea de a asigura dezvoltarea în profunzime a sistemului radicular, elemente puse în evidență de indicii hidrofizici ai solului.

Pentru a-și asigura o aprovizionare normală cu apă, plantele trebuie să aibă posibilitatea de a-și dezvolta un sistem radicular profund. Din acest motiv trebuie evitate solurile care prezintă o pantă și o orientare a orizonturilor de sol concordante, deoarece această configurație crează o constrângere mecanică și împiedică dezvoltarea sistemului radicular în profunzime. Din contră, un sol care prezintă o pantă și o orientare a orizonturilor de sol discordante este apt să se fisureze și să permită astfel o înrădăcinare în profunzime, asigurandu-se astfel o aprovizionare constantă cu apă a acestora.

Pregătirea solului înaintea plantării este esențială în vederea asigurării unei bune înrădăcinări aplantelor. Alegerea metodei de pregătire a solului se va face numai după vizualizarea unui profil pedologic de sol, pentru a putea fi observate eventualele obstacole care trebuie eliminate. În general, se recomandă desfundarea terenului la adancimea de 50-60 cm cu ajutorul plugului balansier de desfundat acționat de tractoare grele pe șenile. În cazul solurilor profunde, permeabile, situate mai ales în areale viticole cu condiții de secetă (Dobrogea, S-E Moldovei) se recomandă o desfundare mai adancă, la o adâncime de 80 cm. (Târdea și Dejeu, 1995).

Prin lucrarea de desfundat se mărește capacitatea de acumulare a apei din precipitații, se îmbunătățește regimul termic și de aerație, se asigură condiții prielnice pentru activitatea microbiologică din sol și se încorporează în adancime îngrășămintele organice și minerale administrate înaintea desfundatului. Prin inversarea orizonturilor și introducerea în adancime a orizonturilor superficiale mai bogate în materie organică este influențată în sens pozitiv orientarea

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

în profunzime a rădăcinilor, acestea fiind astfel mai ferite de efectele secetei pedologice.

În prezent se practică pe scară din ce în ce mai largă metoda de desfundare a terenului prin scarificare, efectuandu-se două treceri în formă de cruce pentru a sparge orizonturile de sol, îndeosebi a celor cu însușiri nefavorabile dezvoltării în profunzime a sistemului radicular.

O importanță aparte o are și momentul cand se execută lucrarea de desfundat. În arealele cu risc de secetă, unde este recomandat să se practice plantarea viților și pomilor în toamnă, desfundarea solului se va executa la sfarșitul primăverii, terenul desfundat urmând a fi imediat nivelat pentru a fi evitate pierderile de apă în timpul verilor secetoase. În cazul în care plantarea se realizează primăvara ea trebuie efectuată cat mai devreme posibil (martie-începutul lunii aprilie) astfel încat plantele să aibă timpul necesar să înrădăcineze și să își dezvolte un sistem radicular suficient de adanc pentru a putea face față condițiilor de secetă pedologică din vară (Țârdea și Dejeu, 1995).

Asigurarea unei regularități în aprovizionarea cu apă a plantelor horticole și favorizarea înrădăcinării în profunzime a plantelor poate fi realizată și prin configurarea geometriei plantațiilor horticole, realizată prin intermediul distanțelor de plantare și a formelor de conducere.

În cazul viței de vie e recomandă mărirea distanței între randuri la 3.0-3.5 m și reducerea distanței dintre butuci pe rand la 0.7-1.0 m în scopul creșterii competiției între butuci și favorizarea dezvoltării în adancime a rădăcinilor. În toate situațiile în care există constrangeri privind rezerva de apă din sol densitatea optimă a plantației nu trebuie să depășească 3500 butuci/ha.

Reducerea evapotranspirației în condiții de stres termic și hidric, are un efect pozitiv și semnificativ asupra producției. Apa din precipitații ajunsă pe suprafața solului se poate vaporiza și pierde prin evaporare, se poate deplasa în sens gravitațional intrând în alcătuirea pânzei freatice, poate fi reținută de coloi-

BCU IASI CENTRALA UNIVERSITARA LIBRARY

zii solului (apa de imbibiție), sau poate fi absorbită de către plante și surplusul este eliminat prin procesul de transpirație. Ca urmare la procesul de evaporarea pur fizică care are loc la suprafața solului se adaugă și procesul fiziologic de transpirație a plantelor.

Aceste două procese au fost denumite cu un termen comun: evapotranspirație. Evapotranspirația depinde de conținutul de apa al solului, de cantitatea de apă din capilarele acestuia, de energia calorica a solului, de presiunea atmosferica, temperatura aerului, radiația solară, viteza vântului și de umiditatea atmosferei.

În conditiile din România, evapotranspirația potențială are valori neglijabile în timpul iernii și ajunge la 150 mm în lunile de vară, în special în partea de sud a țării.

Mulcirea solului este o soluție tehnologică de reducere a evapotranspirației și de limitare a efectelor pagubelor produse de secetă. Aceasta, se realizează cu resturi vegetale (paie, scoarță de copac, etc.) sau cu tescovină compostată aplicate într-un strat suficient de gros (aprox. 10 cm.), cu folii din plastic și reprezintă o soluție eficientă pentru a limita pierderile de apă din sol prin evaporare.

La nivelul solului, pe lângă o serie de modificări favorabile referitoare la menținerea structurii solului, tasare, regimul elementelor nutritive combaterea buruienilor, combaterea unor agenți patologici și dăunători, prin mulcire se îmbunătățește regimul termic și hidric și crește rezistența plantelor la factorii de stres. Mulcirea poate determina creșterea temperaturii solului atunci când se folosesc materiale adecvate (folie de polietilenă transparentă sau furnurie, materiale textile, etc.), sau poate determina reducerea temperaturi la nivelul rădăcinii când se mulcește cu strat gros de paie, sau alte materiale opace.

Pe solurile nisipoase de la Dăbuleni mulcirea cu folie de polietilenă fumurie a culturilor de pepeni verzi înființate prin răsad a determinat creșterea timpurietății și mărimii producției Perioada de recoltare nu s-a prelungit prin mulcire, dar faptul că fenofazele înfloririi, legării, creșterii și maturarea fructe-

lor au avut loc mai devreme, în afara perioadelor de stres, a condus la creşterea producţiei. La cultura prin răsad, prin mulcire s-a determinat creşterea producţiei cu 8,9 t/ha (28,7 %), comparativ cu varianta nemulcită. Efectul mulcirii a fost mai redus la cultura protejată în tunel.

Influenţa mulcirii se manifestă şi la cultura de pepeni verzi cu plante altoite, prin mulcire fiind obţinute sporuri de producţie de 13,1 % la cultura neprotejată şi de 25,5 % la cultura protejată în tunel (tabelul 5.12.) .

Tab. 5.12. Influenţa mulcirii cu folie PE fumurie asupra producţiei de pepeni verzi în diferite variante de cultivare (Hibridul *Crisby* F1, CCDCPN Dăbuleni ,anii 2004-2006)

Metoda de cultivare		Producţia medie		Diferenţa (t/ha)
		(t/ha)	(%)	
Cultură prin răsad	Nemulcit	31,0	100,0	Mt.
	Mulci PE	39,9	128,7	+8,9
	Tunel PE	55,6	179,3	+24,6
	Tunel PE +mulci PE	56,8	183,2	+25,8
Cultură cu plante altoite	Nemulcit	45,5	100,0	100,0
	Mulci PE	51,5	113,1	+6,0
	Tunel PE	61,7	135,6	+16,2
	Tunel PE +mulci PE	71,0	156,0	+25,5

Rădoi (2013), a afirmat că, în plantaţiile viticole de pe solurile nisipoase, pe parcursul perioadei de vegtaţie, mulcirea parţială pe intervalul dintre rânduri cu tescovină necompostată plus erbicidare postemergentă a contribuit la menţinerea în sol a unei cantităţi mai mare de apă, până la adâncimea de 100 cm, (267 m^3/ha), comparativ cu sistemul de întreţinere ogor negru (212 m^3/ha) şi cu sistemul de întreţinere prin mulcire totală cu resturi vegetale (212 m^3/ha) Reducerea numărului de lucrări ale solului previne într-o oarecare măsură pierderea apei (240 m^3/ha).

Cercetările realizate în această direcţie în anul 2012, an deosebit de secetos, în centrele viticole Valea Călugărească, Târgu-Bujor, Murfatlar, Odo-

beşti, Pietroasa şi Dăbuleni, deja afectate de schimbările climatice, au evidenţiat faptul că sistemele de întreţinere a solului prin mulcire totală (cu paie de cereale) sau parţială (pe interval) cu tescovină compostată au asigurat comparativ cu ogorul negru (considerat ca martor) o dezvoltare vegetativă şi o productivitate mai mare a butucilor de viţă de vie (Tabelul 5.13.).

Tabelul 5.13. Influenţa sistemelor de întreţinere a solului asupra productivităţii şi dezvoltării vegetative a viţei de vie (adaptare după Şerdinescu ş.a., 1013)

Centrul viticol	Soiul/ Portaltoiul	Sistemul de întreţinere sol	Coeficientul de fertilitate relativ	Indicele de productivitate relativ	Producţia kg/but.	Lemn eliminat la tăiere kg/but.	Indicele Ravaz
Valea Călugărească	Fetească regală/ SO4	Ogor negru	1.21	101.81	2.231	0.558	4.0
		Mulcire totală	1.29	102.06	2.793	0.624	4.5
		Mulcire parţială	1.25	104.64	3.146	0.733	4.3
		Minimum tillage	1.23	102.08	2.603	0.607	4.3
Târgu-Bujor	Merlot/ SO4	Ogor negru	0.79	48.29	1.008	0.444	2.3
		Mulcire totală	0.96	77.76	1.484	0.447	3.3
		Mulcire parţială	0.92	76.14	1.035	0.453	2.3
		Minimum tillage	0.91	53.55	0.942	0.436	2.2
Murfatlar	Fetească regală	Ogor negru	1.43	138.53	2.141	0.682	3.1

	/SO4	Mulcire totală	1.53	182.07	2.478	0.870	2.8
		Minimum tillage	1.29	145.77	2.265	0.798	2.8
Odobeşti	Gros Sauvignon/ SO4	Ogor negru	1.00	139.94	3.080	0.996	3.1
		Mulcire parţială	1.08	143.65	3.330	0.577	5.8
		Minimum tillage	1.05	141.44	3.170	0.811	3.9
Pietroasa	Riesling italian/ Kober 5 BB	Ogor negru	0.71	56.23	1.355	0.391	3.5
		Mulcire totală	0.72	60.26	1.447	0.450	3.2
		Mulcire parţială	0.79	62.13	1.386	0.411	3.4
		Minimum tillage	0.68	48.85	1.056	0.345	3.1
Dăbuleni	Roşioară/ rădăcini proprii	Ogor negru	0.95	149.00	1.249	-	-
		Mulcire totală	0.96	212.33	2.235	-	-
		Mulcire parţială	1.07	237.00	2.645	-	-
		Minimum tillage	1.12	214.00	2.246	-	-

Sporurile de producţie şi de creştere vegetativă s-au datorat faptului că aceste sisteme de întreţinere a solului au asigurat o umiditate mai ridicată în sol, datorită reducerii evaporaţiei la suprafaţa solului. Nivelul mai ridicat al umidităţii solului a determinat şi o activitate microbiologică mai intensă, pusă în evidenţă de numărul mai mare de microorganisme viabile din sol şi de diversitatea acestora. Raportul ciuperci/bacterii, care constituie un indicator al bunei funcţi-

BIBLIOTECA CENTRALĂ UNIVERSITY LIBRARY
GHEORGHE ASACHI

onalităţi a activităţii microbiene din sol, a prezentat valori mai ridicate în cazul întreţinerii solului prin mulcire (totală sau parţială) comparativ cu întreţinerea ca ogor negru (Tabelul 5.14.).

Tab. 5.14. Influenţa sistemelor de întreţinere a solului asupra încărcăturii microbiene (adaptare după Brânduşe ş.a., 2013)

Sistemul de întreţinere sol	Adâncimea cm	Nr. total de microorganisme vii/g sol	Bacterii nr.	Actinomycete nr.	Ciuperci nr.	Levuri nr.	Raport ciuperci/bacterii
Ogor negru	0-30	7.71×10^6	59.0×10^5	3.5×10^5	14.6×10^5	0.0013×10^5	0.25
	30-60	4.26×10^6	27.0×10^5	2.0×10^5	13.6×10^5	-	0.50
Mulcire totală	0-30	16.83×10^6	87.3×10^5	$3.7 \times 10.^5$	77.3×10^5	0.021×10^5	0.89
	30-60	7.11×10^6	$44.3 \times 10.^5$	1.8×10^5	25.0×10^5	-	0.56
Mulcire parţială	0-30	22.06×10^6	96.3×10^5	4.0×10^5	120.3×10^5	0.035×10^5	1.25
	30-60	9.82×10^6	52.6×10^5	2.3×10^5	43.3×10^5	-	0.82
Minimum tillage	0-30	13.0×10^6	72.0×10^5	4.0×10^5	54.0×10^5	0.0016×10^5	0.75
	30-60	9.03×10^6	51.0×10^5	2.7×10^5	36.6×10^5		0.72

Pe langã acest avantaj major utilizarea acestui sistem de întreţinere a solului prezintã şi alte avantaje, dintre care enumerãm:

- reducerea temperaturii solului la suprafaţã cu peste 2 ^{0}C ;
- reducerea apariţiei şi creşterii buruienilor cu 60-80 % ;
- îmbogăţirea solului în elemente nutritive, fapt ce determinã o reducere cu 30 % a necesarului de îngrăşãminte chimice ;
- reducerea impactului direct al ploii şi vântului în dislocarea stratului superficial al solului, reducand astfel eroziunea de suprafaţã cu panã la 100 % ;

- reducerea compactării de suprafață și creșterea capacității de infiltrare și reținere a apei în sol;

În ceea ce privește impactul sistemelor de întreținere a solului asupra calității producției de struguri acesta s-a manifestat îndeosebi asupra caracteristicilor tehnologice ale strugurilor. Sistemele de întreținere a solului prin mulcire (totală sau parțială) au indus valori mai ridicate ale indicelui de alcătuire a bobului și indicelui de randament, fapt ce evidențiază că în condiții de stres hidric accentuat strugurii obținuți în cadrul acestor sisteme de întreținere a solului sunt mai bogați în must, asigurând astfel un randament mai ridicat la vinificare (Tabelul 5.15.).

Tabelul 5.15. Influența sistemelor de întreținere a solului asupra caracteristicilor tehnologice ale strugurilor

Sistemul de întreținere sol	Indicii tehnologici			
	Indicele de alcătuire a strugurelui	Indicele bobului	Indicele de alcătuire a bobului	Indicele de randament
Ogor negru	37.94	70.42	5.55	3.96
Mulcire totală	29.19	77.35	8.40	5.14
Mulcire parțială	29.86	67.18	7.14	4.63
Minimum tillage	27.82	61.67	5.71	3.97

În arealele viticole în care fenomenul de secetă pedologică se manifestă frecvent este contraindicată întreținerea solului prin înierbare cu ierburi perene pe interval. De asemenea, în aceste situații o importanță aparte trebuie acordată combaterii buruienilor "problemă" care fiind mari consumatoare de apă exercită o concurență puternică pentru vița de vie în utilizarea rezervelor de apă din sol.

Semănatul mai timpuriu este una din măsurile care se pot lua în acest scop. Astfel, în urma cercetărilor efectuate la SCDCPN Dăbuleni, referitor la epoca de înființare a culturilor, s-a stabilit că pentru tomatele semănate direct

în câmp perioada optimă este 10.IV-20.IV, când în sol la adâncimea de 5 cm se înregistrează constant temperatura de 12-13 °C. Întârzierea semănatului după 20 mai determină obținerea de producții mai mici datorită faptului că înflorirea și legarea fructelor are loc în perioada cu maxim de stres termic și hidric. Din aceleași motive după Toma ș.a. (2009) culturile de tomate înființate prin răsad dau producții superioare celor înființate prin semănat direct în câmp (tabelul 5.16.).

Tabelul 5.16. Influența epocii de înființare asupra producției la unele culturi legumicole pe solurile nisipoase

Cultura	Epoca de înființare	Producția (t/ha)
Tomate cultivate prin semănat direct (soiul *Unirea*)	la 12-13°C în sol la 5cm	37,9
	la 30 zile după ce în sol la 5cm s-a înregistrat constant 12-13°C	25,7
Tomate cultivate prin răsad (soiul Unirea)	plantat în perioada 20-25.IV după trecerea pericolului brumelor	49,5
	plantat pe 25 mai	35,9
Fasole de grădină (soiul *Işalniţa 43*)	semănat la 10.IV	8,5
	semănat la 20.IV	9,7
	semănat la 1.05	6,8
	semănat la 1.VI	3,2
Fasole de grădină (Soiul *Harvester*)	semănat la 10.IV	5,5
	semănat la 20.IV	7,1
	semănat la 1.05	5,4
	semănat la 1.VI	2,0

La cultura de *ceapă*, plantarea arpagicului din toamnă determină obținerea de producții superioare plantării din primăvară, în acest caz fenofazele creșterii bulbului având loc într-o perioadă cu temperaturi în aer și sol mai favorabile (Toma ș.a., 2009). Pentru cultura de ceapă înființată prin semănat, înființarea culturii în ferestrele iernii conduce la obținerea unor producții mai mari decât atunci când se seamănă mai târziu (tabelul 5.17.).

Tab. 5.17. Influența epocii de înființare a culturii de ceapă asupra producției, pe solurile nisipoase

Metoda de cultivare	Epoca de înființare	Producția	
		t/ha	%
Ceapă din arpagic	10.X	31,1	113
	20.X	32,4	118
	1.XI	32,7	119
	primăvara la 5°C în sol la 10cm	27,4	100
	primăvara la 10°C în sol la 10cm	20,9	76
Ceapă din sămânță	ferestrele iernii	18,6	100
	primăvara la 5°C în sol la 10cm	17,1	92
	primăvara la 10°C în sol la 10cm	16,1	86

Înființarea culturilor de *castraveți, morcov, fasole pentru păstăi*, prin semănat direct în câmp după data de 20 mai pe solurile nisipoase din sudul Olteniei nu este recomandată. Temperaturile ridicate din sol și aer din lunile iulie-august influențează negativ creșterea și dezvoltarea plantelor, fiind afectată mărimea și calitatea producției Culturile succesive de fasole asigură producții eficiente numai în cazul înființării după 20.VII (Toma ș.a., 2009).

Epoca de plantare a *cartofilor* reprezinta o verigă tehnologică deosebit de importantă pentru cultura pentru consumul timpuriu. Plantarea trebuie să se efectueze primăvara devreme imediat ce se poate intra în teren, la Dăbuleni de regulă în perioada 25 februarie -10 martie.

Principalele măsuri care contribuie la realizarea de recolte timpurii sunt cultivarea de soiuri timpurii, încolțirea și înrădăcinarea materialului de plantat. În ordine cronologică a lanțului tehnologic, dar și ca importanță urmează epoca de plantare care dacă este ratată anulează automat toate celelalte eforturi întreprinse.

Cu cât întârzierea plantării este mai mare, cu atât plantele în momentul favorabil de climă vor avea o dezvoltare mai slabă și deci o capacitate mai mică de asimilare iar intervalul favorabil de timp se va scurta. În plus, condițiile din ce în ce mai vitrege care apar pe măsura înaintării spre mijlocul verii, fac ca plantele să nu mai aibă o dezvoltare normală, să rămână mai mici și cu o suprafață foliară redusă și care să asimileze din ce în ce mai puțin.

Creşterea adâncimii de plantare a *viţei de vie* pe solurile nisipoase slab evoluate, de tipul psamosol tipic, cu textură grosieră pronunţată şi lipsite de orizont de sol Bt şi Bv, conduce la obţinerea unor butuci de viţă de vie cu un sistem radicular slab dezvoltat şi de vigoare redusă, iar producţia de struguri realizată este mică şi neeconomică (tabelul 5.18.).

Tab. 5.18. Creşterea şi dezvoltarea butucului de viţă de vie funcţie de adâncimea de plantare şi tipul de sol nisipos, în anul IV de la plantare , la soiul Roşioară

Specificare	Numărul rădăcinilor inserate pe axul tulpinal al rădăcinii	Adâncimea maximă de penetrare a rădăcinilor cm	Lungimea creşterilor anuale cm/butuc	Greutatea lemnului eliminat la tăierea în uscat g/butuc	Producţia de struguri kg/ha
Plantat la adâncimea de 40 cm pe un psamosol tipic	5	114	689	470	3597
Plantat la adâncimea de 130 cm pe un psamosol tipic	8	290	1792	1420	9929
Plantat la adâncimea de 40 cm pe un cernoziom cambic nisipos	5	219	2054	1590	11200

În cazul creşterii adâncimii de plantare, de la 40 la 130 cm, pe psamosolul tipic, sol foarte slab evoluat, atât numărul rădăcinilor inserate pe axul tulpinal al rădăcinii cât şi adâncimea maximă de penetrare a rădăcinilor au înregistrat valori mult mai mari, care au depăşit şi pe cele obţinute în cazul plantării la adâncimea de 40 cm pe solul mai fertil de tip cernoziom cambic nisipos (Rădoi, 2009). Celelalte elemente studiate, referitoare la vigoarea plantei, exprima-

te prin lungimea creşterilor anuale, greutatea lemnului eliminat la tăierea în uscat şi producţia de struguri, au înregistrat valori apropiate de plantarea la 40 cm adâncime pe un cernoziom cambic nisipos.

Altoirea plantelor legumicole reprezintă o măsură tehnologică de limitare a pagubelor produse de modificările climatice. Cultura plantelor altoite se foloseşte cu precădere la speciile legumicole din solarii (tomate, vinete, ardei, castraveţi, pepeni galbeni) pentru combaterea unor agenţi patogeni ca *Fussarium sp.*, *Verticilium sp.*, etc. şi a unor dăunători cum ar fi nematozii (*Meloindogines sp.*). Plantele altoite sunt mult mai viguroase, au o capacitate mai mare de a valorifica apa şi fertilizanţii organici şi minerali, ceeace le conferă creşterea rezistenţei la factorii de stres. Ca urmare, pe plan mondial, dar şi în România se manifestă tendinţa de creştere a suprafeţelor culturilor înfiinţate cu plante altoite la *pepeni verzi, pepeni galbeni, tomate, vinete, castraveţi.*

Cercetările efectuate pe solurile nisipoase la CCDCPN Dăbuleni au demonstrat că în funcţie de soi, producţia la cultura de *pepeni verzi* cu plante altoite a crescut cu 19,0 - 47,7 % (Tabelul 5.19.).

Tab. 5.19. Influenţa cultivarului şi altoirii asupra producţiei la cultura de pepeni verzi cu plante altoite (CCDCPN Dăbuleni, anii 2009-2011)

Cultivarul	Metoda de cultivare	Producţia	
		(t/ha)	(%)
Crisby F1	Cultură cu plante nealtoite	38,3	100,0
	Cultură cu plante altoite	56,6	147,7
Rica F1	Cultură cu plante nealtoite	37,7	100,0
	Cultură cu plante altoite	49,2	130,5
Audry F1	Cultură cu plante nealtoite	69,2	100,0
	Cultură cu plante altoite	82,4	119,0
Lady F1	Cultură cu plante nealtoite	46,9	100,0
	Cultură cu plante altoite	58,4	124,5
Crimson Sweet	Cultură cu plante nealtoite	32,1	100,0
	Cultură cu plante altoite	41,1	128,0

DL 5 % = 9,2 t/ha; DL 1 % = 13,3 t/ha; DL 0,1 % = 18,4 t/ha

Culturile succesive de plante legumicole pe solurile nisipoase se vor face cu speciile şi soiurile care manifestă rezistenţă la factorii de stres şi prin înfiinţarea la datele care să asigure condiţii optime pentru realizarea producţiei (Tabelul 5.20.).

Tab. 5.20. Culturi succesive de plante legumicole recomandate pe solurile nisipoase din sudul Olteniei (1984 - 1989)

Cultura I	*Data recoltării*	*Producţia (t/ha)*	*Cultura a II-a*	*Data înfiinţării*	*Producţia (t/ha)*
Mazăre de grădină	25.V-7.VI	5,5	Tomate prin răsad	30.V-9.VI	38,5
			Vinete	30.V-9.VI	33,2
			Pepeni verzi	30.V-9.VI	25,3
Varză timpurie	25.V-17.VI	20,0	Tomate prin răsad	30.V-20.VI	35,9
			Vinete	30.V-20.VI	33,5
			Pepeni verzi	30.V-20.VI	25,6
Cartof timpuriu	25.V-9.VI	18,2	Pepeni verzi	30.V-10.VI	24,9
Fasole pentru păstăi	20-25.VI	10,2	Varză de toamnă	25.VI-5VII	58,4
Ceapă	15-25.VII	20,8	Fasole de grădină	20-25.VII	9,8

Tăierile efectuate la vița de vie și pomii fructiferi au drept scop în cazul plantelor tinere, realizarea formei dorite de coroană iar în cazul celor mature, realizarea unui raport optim între numărul de frunze şi fructe, favorizându-se în acelaşi timp penetrarea luminii la interiorul coroanei.

În privința măsurilor aplicate viței de vie, o importanță aparte o prezintă sistemul de tăiere şi încărcătura de rod. Cercetările realizate în centrul viticol Pietroasa de Popa şi Barbu (1975) au evidenţiat faptul că lungimea elementelor lăsate la tăierea în uscat a influenţat volumul pierderilor cauzate de secetă. La acelaşi soi elementele scurte de rod s-au deshidratat mai uşor în situaţia conducerii în forme înalte, iar elementele lungi de rod în cazul conducerii în forme joase. La toate soiurile şi formele de conducere studiate rănile provocate prin tăiere, în special cele de pe lemnul multianual, au determinat o creştere a gradului de afectare prin intensificarea pierderilor de apă. Grecu şi Varga (1970) con-

siderã cã umiditatea normalã a coardelor trebuie sã fie mai mare de 40 %. În condiţiile în care din cauza secetei umiditatea coardelor scade sub 40 % pierderile de ochi pot depăşi procentul de 50 %.

În privinţa sarcinii de rod, s-a constatat cã butucii la care prin tãiere s-a lãsat o sarcinã de rod moderatã, adecvatã vigorii butucilor, au rezistat mai bine în condiţii de secetã comparativ cu butucii supraîncãrcaţi. Reglarea sarcinii de rod se poate realiza la executarea tãierii în uscat, dar şi în perioada de vegetaţie a viţei de vie, în situaţia în care apar perioade de secetã prelungitã, prin reducerea numărului de inflorescenţe sau de struguri pentru a nu debilita butucii şi ai sensibiliza în faţa gerurilor din iarnã.

Efectuarea tãierilor de varã în livezile cu pomi fructiferi sunt deosebit de importante, în condiţii de stres termo hidric, deoarece efectele negative ale acestuia pot fi parţial înlăturate. Prin aceste tãieri se înlăturã o parte din coroanã, se reduce suprafaţa foliarã şi se reduce cantitatea totalã de apã eliminatã de plante. Tãierile masive au însã şi efecte negative: reduc numărul de fructe, cantitatea de lumină interceptatã de frunze şi cantitatea de asimilate biosintetizate. Din aceastã cauzã trebuie se se realizeze un compromis, prin realizarea unor tãieri moderate, care sã asigure aprovizionarea pomilor cu o cantitate suficientã de asimilate şi sã nu limiteze producţia, dar sã contribuie în acelaşi timp la reducerea deficitului hidric al acestor plante.

În condiţiile unor ani secetoşi, când precipitaţiile din timpul perioadei de vegetaţie sunt mai mici de 86 mm, *piersicii* sunt expuşi la moarte. În aceste condiţii, Probesting şi Middleton (1980) au recomandat efectuarea unor tãieri de varã puternice, reducerea diametrului coroanei de la 5 m, la 2 m şi a înălţimii de la 4 m, la 1,5 m. Aceste mãsuri au asigurat o aprovizionare mai bunã cu apã a pomilor, au întârziat apariţia simptomelor de stres hidric până toamna târziu şi au facilitat supravieţuirea piersicilor în proporţie de 100 %.

Arhitectura plantelor trebuie aleasã în mod raţional pentru a ameliora microclimatul frunzelor şi fructelor şi a reduce pierderile de apã prin procesul

de transpirație. Sunt preferate formele de conducere care reduc interceptarea radiațiilor solare de către frunziș. Astfel le pomi, sunt recomandate plantele cu talie mică, care sporesc capacitatea frunzelor de recepție a radiațiilor solare și măresc eficiența utilizării apei.

Nu sunt recomandate formele de conducere pe tulpini înalte, care limitează debitul sevei, fiind preferate formele de conducere pe tulpini scurte sau semiînalte.

Întradevăr, tulpina viței de vie prezintă la baza ei o secțiune ce conține mai puține vase lemnoase dar cu un diametru mai mare, comparativ cu partea ei superioară unde vasele se îngustează limitând debitul sevei. Cercetările realizate în centrul viticol Pietroasa de Popa și Barbu (1975) au evidențiat faptul că în condițiile unui an secetos vițele conduse în forme joase au rezistat mai bine la secetă comparativ cu cele conduse în forme înalte. Astfel, la soiul Tămaioasă romanească procentul de afectare la butucii conduși în formă joasă a fost de numai 33.4 %, față de procentul de 48.0 % în cazul butucilor conduși în formă înaltă (Lenz Moser).

Efectele secetei asupra producției de struguri în cazul butucilor conduși în forme înalte se răsfrange pe un număr mai mare de ani ca urmare a problemelor legate de refacerea elementelor de schelet și de rod a butucilor afectați.

Rărirea fructelor în condiții de stres termo hidric este determinată de creșterii competiției pentru apă și asimilate dintre fructele de pe o plantă, ceea ce determină ca acestea să rămână mici.

Proebsting și Middelton (1980) au constatat că rărirea determină creșterea dimensiunii fructelor rămase, în condițiile în care factorii de stres nu devin letali.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

5.6. EXTINDEREA ÎN CULTURĂ A SPECIILOR ŞI SOIURILOR REZISTENTE LA STRESUL TERMO HIDRIC

Cercetările referitoare la comportarea unor specii şi soiuri de plante, efectuate la CCDCPN Dăbuleni pe o lungă perioadă de timp şi verificate în fermele de producţie din zona solurilor nisipoase, au avut în vedere impactul condiţiilor ecologice specifice asupra producţiei şi calităţii acesteia. S-au efectuat cercetări privind adaptabilitatea plantelor la condiţiile de stres termic şi hidric, fiind recomandate speciile şi soiurile care pot realiza producţii mari corespunzătoare calitativ, în condiţii de eficienţă economică ridicată.

În condiţiile de stres termic şi hidric de pe solurile nisipoase din sudul Olteniei, s-au obţinut producţii mari şi de calitate în cazul culturilor de *cartofi timpurii, tomate, ardei, vinete, castraveţi, pepeni verzi, pepeni galbeni, ceapă, morcov, varză, cais, piersic, viţă de vie.*

De asemenea se recomandă se se cultive cu precădere soiuri timpurii, atât pentru valorificarea potenţialului termic al zonei, dar şi pentru limitarea efectului negativ al temperaturilor ridicate şi insolaţiei din perioadele iunie – august. Pentru aceasta se vor utiliza soiurile viguroase, cu creşteri vegetative capabile să protejeze plantele de temperaturile şi insolaţia din perioadele critice;

Evitarea efectului produs de stresul termic şi hidric se poate realiza prin alegerea unor soiuri adaptate la aceste condiţii.

În cazul culturii de *cartof,* prezintă importanţă atât soiul, cât şi calitatea tuberculilor de sămânţă, care imprimă vigoarea plantelor şi în final nivelul producţiei. Se recomandă să se folosească soiuri de cartof cu un ritm intens de acumulare a substanţelor de rezervă, încă din prima parte a perioadei de vegetaţie. Cartoful este cultura cu plasticitate ecologică destul de mare, fiind raspândit în zone ecologice destul de diferite. Aceasta este posibil ca urmare a numărului mare de soiuri de cartof adaptate pentru diferitele zone de cultură.

În figura 5.3. se prezintă producția de tuberculi realizată la SCDCPN Dăbuleni în funcție de soi și momentul recoltării.

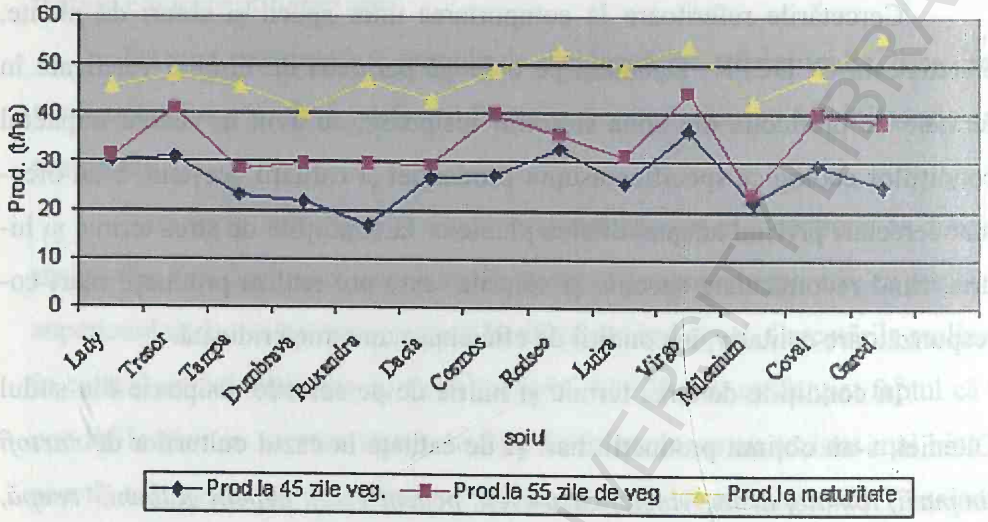


Fig. 5.3. Producția totală de tuberculi în funcție de soi și momentul recoltări

Din figura 5.3. rezultă că producția totală de tuberculi realizată în condițiile climatice ale zonei de câmpie au variat foarte mult în funcție de soiul cultivat și momentul recoltării. Astfel variantele cultivate cu soiurile *Virgo, Tresor, Coval și Gared* s-au menținut la un nivel ridicat al producției la primele două recoltări respectiv la 45 și 55 zile de vegetație, ceea ce demonstrează că aceste soiuri realizează o producție timpurie mare de tuberculi.

Soiurile *Ruxandra, Luiza, Milenium*, au înregistrat un nivel mai redus al producției la primele recoltări, dar la maturitatea fiziologică a plantei au realizat un nivel al producției totale de tuberculi superior celorlalte soiuri, ceea ce demonstrează că aceste soiuri sunt mai tardive.

Din figura 5.4. se poate remarca faptul că producția de **tuberculi comerciabili** realizată în condițiile climatice ale zonei de câmpie au variat foarte mult în funcție de soiul cultivat și momentul recoltării.

BCU ASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

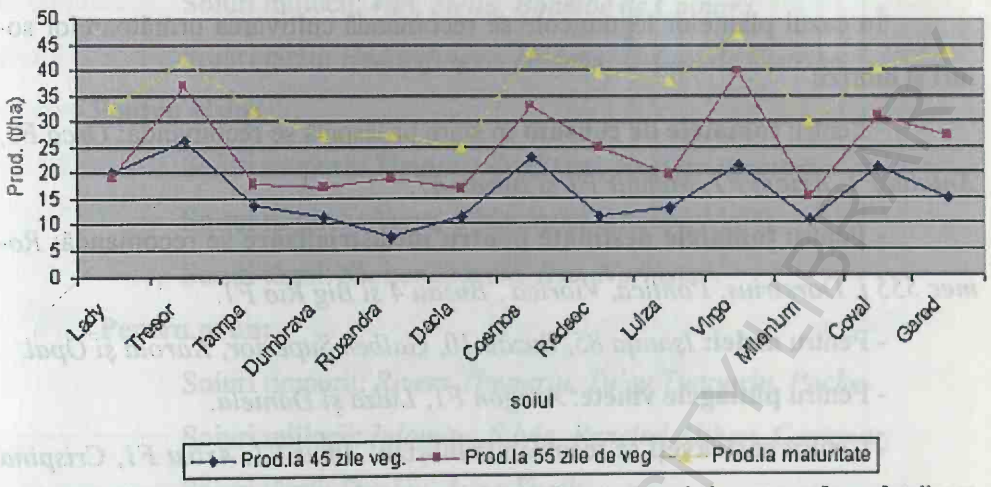


Fig. 5.4. Producția de tuberculi comerciabili în funcție de soi și momentul recoltării

Soiurile *Tresor, Cosmos, Virgo și Coval* s-au menținut la un nivel ridicat al producției la primele două recoltări respectiv la 45 și 55 zile de vegetație, ceea ce demonstrează că aceste soiuri realizează o producție timpurie mare de tuberculi. Soiurile *Dumbrava, Ruxandra, Dacia și Luiza*, au înregistrat un nivel mai redus al producției de tuberculi comerciabili la primele recoltări, precum și la maturitatea fiziologică a plantei când au realizat un nivel al producției de tuberculi comerciabili redus, ceea ce demonstrează că aceste soiuri sunt mai tardive și nu se pretează pentru condițiile climatice din zona solurilor nisipoase.

Soiurile de **pepeni verzi** recomandate pentru cultivarea pe solurile nisipoase din sudul Olteniei, în condiții de stres termo-hidric sunt din categoria hibrizilor extratimpuri și timpuri. Dintre hibrizii extratimpuri se recomandă: *Crisby F1 și Lady F1*, iar dintre hibrizii semitimpuri: *Talisman F1, Sorento F1, Celine F1, Audry F1*, precum și soiul semitimpuriu *Oltenia* creat la SCDCPN Dăbuleni.

În cazul **pepenilor galbeni** s-au obținut producții mari și de calitate în cazul hibrizilor: *Capri F1, Fiata F1, Waler F1, Lavigal F1, Jucar F1, Sembol F1 și Passport F1.*

BCU IAȘI CENTRALĂ UNIVERSITARĂ

În cazul plantelor legumicole se recomandă cultivarea următoarelor soiuri și hibrizi:

- Pentru **tomatele de consum** în stare proaspătă se recomandă: *Orco F1, Antalia F1, Axiom F1, Menhir F1 și Buzău 47.*

- Pentru **tomatele destinate pentru industrializare** se recomandă: *Romec 555 j, Darsirius, Pontica, Viorica , Buzău 4 și Big Rio F1.*

- Pentru **ardei:** *Işanița 85, Buzău 10, Galben Superior, Karola și Opal.*

- Pentru **pătlăgele vinete**: *Aragon F1, Luiza și Daniela.*

- Centru **castraveți** se recomandă hibrizii: *Amur F1, Artist F1, Crispina F1, Betina F1 și Director F1.*

- În cazul **cepei** se recomandă cultivarea soiurilor: *De Buzău, Andrada și Stutgarter.*

- În cazul **morcovilor** se recomandă următoarele soiuri sau hibrizi: *Triumf F1, Nabuco, Nantes 2 și Florin.*

Sortimentul de **specii și soiuri pomicole** recomandate pentru solurile nisipoase din sud-vestul României, cu condiții de stres termo-hidric sunt următoarele:

- Pentru piersic:

40% soiuri extratimpurii: *Springold, Springcrest, Cardinal, Collins*;

40% soiuri cu maturare mijlocie: *Jerseyland, Redhaven, Southland, Suncrest;*

15% soiuri de nectarine: *Romamer 2, Cora, Delta,*

5% soiuri cu fructul plat: *Florin, Filip, Monica, Marina.*

- Pentru cais:

Soiuri timpurii: *N.J.A. 42, Neptun.*

Soiuri cu maturare mijlocie: *Mamaia, Callatis.*

Soiuri târzii: *Serena, Sulmona, Sirena, Comandor, Litoral.*

- Pentru cireș:

Soiuri timpurii: *Rivan, Rainner, Ramon, Olivia.*

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Soiuri mijlocii: *Van, Stella, Boambe de Cotnar.i*

Soiuri târzii: *Heddelfinger, Hudson, Uriaşe de Bistriţa.*

- **Pentru vişin:**

Soiuri timpurii: *Timpurii de Piteşti, Engleze timpurii.*

Soiuri mijlocii: *Nana, Oblacinska, Meteor, Nefris.*

Soiuri târzii: *Shatten morele, Ilva, Northstar.*

- **Pentru prun:**

Soiuri timpurii: *Rivers Timpuriu, Tuleu Timpuriu, Peche.*

Soiuri mijlocii: *Ialomiţa, Silvia, Renclod Althan, Centenar.*

Soiuri târzii: *Stanley, Anna Spath.*

În arealele în care studiile climatologice realizate şi prognozele de viitor evidenţiază o frecvenţă ridicată a condiţiilor de secetă o importanţă aparte trebuie acordată alegerii unor portaltoi şi a unor *soiuri vinifera* adaptate acestor condiţii. Trebuie preferaţi portaltoii mai viguroşi, cu o bună capacitate de înrădăcinare şi dezvoltare în adâncime a sistemului radicular. În funcţie de proveniența lor genetică portaltoii utilizaţi în prezent în ţara noastră prezintă o rezistenţă diferenţiată la condiţiile de secetă (Tabelele 5.21. şi 5.22.).

Tabelul 5.21. Repartizarea portaltoilor pe clase de rezistenţă la secetă (după Georgescu Magdalena şi colab., 1986)

Rezistenţă ridicată	Rezistenţă mijlocie	Rezistenţă slabă	Sensibili
140 Ru	SO4 41 B Fercal Crăciunel 2 Crăciunel 25 Crăciunel 26	5 BB Teleki 8 B	Riparia gloire

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Cercetările realizate în anul 2012, an deosebit de secetos, în centrele viticole Valea Călugărească și Târgu-Bujor în cadrul unor staționare cu diferite combinații vinifera/portaltoi, amplasate în aceleași condiții de sol, au scos în evidență buna rezistență la condițiile de secetă pedologică a portaltoilor din grupa Berlandieri x Riparia și Riparia x Rupestris (140 Ruggeri).

Tabelul 5.22. Rezistența la secetă a soiurilor de portaltoi din cultură (adaptare după Stroe Marinela, 2012)

Slabă	Mijlocie	Mare
Riparia Gloire 1616 C	Kober 5BB Teleki 8B 125 AA SO4 Sel. Crăciunel 2 Sel. Crăciunel 26 Sel. Miniș 54 Ruvis	Sel. Crăciunel 71 Sel. Drăgășani 70 140 Ruggeri 41 B Precoce de Miniș

În ceea ce privește alegerea sortimentului de soiuri vinifera și în acest caz trebuie preferate soiurile rezistente la secetă și care la rândul lor prezintă o bună afinitate cu portaltoii rezistenți la secetă. În general, portaltoii din grupa Berlandieri x Riparia și portaltoiul 140 Ruggeri prezintă o bună afinitate de altoire cu majoritatea soiurilor vinifera.

Soiurile de *viță de vie* recomandate pentru zona nisipurilor din sud-vestul României, cu condiții de stres termic și hidric, variază în funcție de destinația strugurilor, așa după cum rezultă din tabelul 5.23.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tab. 5.23. Soiurile de viță de vie recomandate pentru zona nisipurilor din sud-vestul României

Direcția de producție	Ponderea (%)	Sortimentul	Ponderea (%)
Struguri de masă	15	- Prima Cl. 1022	5
		- Otilia	5
		- Victoria	30
		- Muscat de Hamburg	20
		- Coarnă neagră selecționată	15
		- Afuz Ali	25
Vinuri albe și roze de consum curent	35	- Roșioară	60
		- Selena	40
Vinuri albe de calitate	15	- Rkațiteli	70
		- Riesling italian	30
Vinuri roșii de consum curent	25	- Sangiovese	40
		- Băbească neagră	20
		- Grand noir de la Calmette	10
		- Fetească neagră	20
		- Novac	10
Vinuri roșii de calitate	10	- Cabernet Sauvignon	50
		- Merlot	50

Damian și Calistru (1996) au clasificat soiurile de vinifera în funcție de rezistența lor la secetă în modul următor:

- Soiuri de struguri pentru masă

Rezistente: Aromat de Iași, Timpuriu de Pietroasa, Splendid, Silvania și Coarnă neagră.

Sensibile: Muscat Perlă de Csaba, Timpuriu de Cluj, Muscat de Hamburg și Xenia.

- Soiuri de struguri pentru vinuri albe și aromate

Rezistente: Donaris și Grasă de Cotnari.

Sensibile: Fetească albă, Muscat Ottonel, Traminer și Băbească gri.

BCU IASI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- **Soiuri de struguri pentru vinuri roşii**

Rezistente: Arcaş şi Cabernet Sauvignon.

Sensibile: Merlotşi Băbească neagră.

În urma cercetărilor efectuate, Stroe Marinela (2012), a clasificat soiurile de viță de vie din cultură și soiurile nou create, în funcție de rezistența la secetă, în cinci grupe: cu rezistența foarte slabă, slabă, mijlocie, mare și foarte mare. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 5.24.

Tabelul 5.24. Rezistența la secetă a soiurilor de viță de vie din cultură și a soiurilor nou create (adaptare după Stroe Marinela, 2012)

F. slabă	Slabă	Mijlocie	Mare	F. mare
1. Soiuri de struguri pentru masă				
Muscat Perlă de Csaba Xenia	Italia	Muscat de Hamburg Muscat timpuriu de Bucureşti Timpuriu de Pietroasa Splendid Milcov	Muscat d'Adda Bicane Victoria Silvania Azur Greaca	Coarnă neagră
2. Soiuri de struguri pentru vinuri albe şi aromate				
Grasă de Cotnari Riesling Italian Tămâioasă românească	Galbenă de Odobeşti Fetească regală Ezerfürtü Muscat Ottonel Furmint de Miniş Selena Şarba	Zghihară de Huşi Frâncuşă Furmint Traminer roz Vilarom	Plăvaie Creaţă Mustoasă de Măderat Aligoté Pinot gris Gros Sauvignon Chardonnay Astra Băbească gris Mioriţa Alb aromat Aromat de Iaşi	Columna

BCU IASI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

3. Soiuri de struguri pentru vinuri roșii și rosé				
Cadarcă	Merlot Olivia	Băbească neagră Steinschiller roz Fetească neagră Șirian Negru aromat	Sangiovese Cabernet Sauvignon Pinot noir Burgund mare Blauerzweigelt Balada Negru de Drăgășani Codană Cristina Haiduc Pandur	Oporto Roșioară

5.7. OBȚINEREA DE PLANTE TRANSGENICE REZISTENTE LA STRESUL TERMIC ȘI HIDRIC

După FAO (2008), populația de pe glob va crește până în anul 2050 până la 8,9 bilioane locuitori, în timp ce suprafața terenului agricol va spori numai cu 10 %. Din această cauză, asigurarea hranei pentru numărul mare de locuitori se va baza în mare parte pe creșterea productivității culturilor agricole iar plantele transgenice vor juca un rol important în asigurarea acestui surplus de alimente de origine vegetală.

În anul 2009 se cultivau deja 132 milioane hectare, din 29 țări, cu plante modificate genetic. Cele mai mari suprafețe au fost cultivate cu soia, bumbac și porumb, tolerante la erbicide și rezistente la atacul patogen. În cazul plantelor horticole, s-au obținut citrice, meri, peri, pruni, căpșuni etc. rezistente la unele boli și dăunători.

În perioada actuală, când modificările climatice au un efect tot mai nefast asupra plantelor de cultură, este important ca acestea să se poată confrunta cu succes, cu condițiile nefavorabile din mediul ambiant și care să poată să realizeze producții mari, cu valoare calitativă ridicată. Aceste deziderate se pot rea-

liza printr-un proces îndelungat de selecție, care depășește 10 – 15 ani (Byun ș.a., 2007). Din această cauză Yadav (2011) propune ca soluție rapidă, preluarea soiurilor adaptate, provenite din zonele geografice cu stres termo-hidric și studierea acestora în zonele în care modificările climatice au generat condiții asemănătoare.

Pe această linie se pot menționa realizările Agenției Braziliene pentru Cercetare Agricolă, care a identificat o populație de morcov tolerantă la temperaturi ridicate și a obținut un nou soi (Tropical) adaptat pentru toate regiunile acestei țări (Vieira, 1976). Un alt exemplu îl constituie mărul, care în Brazilia nu poate realiza în timpul iernii minim 800 de ore cu temperaturi mai mici de 7,2 °C, care sunt necesare pentru procesul de inducție floral. Borem ș.a. (2012) menționează că prin selecție clonală s-au obținut plante care necesită pentru acest proces perioade mai scurte cu temperaturi coborâte (Condesa 450 – 500 ore, Princessa 400 – 500 ore etc.).

Metodele clasice de selecție continuă să joace un rol important în obținerea de soiuri cu rezistență la factorii de stres și cu producție ridicată, dar sunt înlocuite treptat cu metode moderne.

Realizările recente ale cercetărilor din domeniile: transcriptom, proteom și metabolom au creat o imagine de ansamblu asupra expresiei a mii de gene și a produșilor acestora care sunt implicați în toleranța la stresul termohidric.

Cercetările efectuate în perioada 1950 – 1960 au condus la descoperirea plasmidelor bacteriene care se por replica independent de cromozom, a enzimelor de restricție și a ligazelor care au făcut posibilă inserția fragmentelor de ADN dintr-o plantă, la o altă plantă.

Cercetările ulterioare efectuate cu numeroase plante de cultură au permis identificarea locusurile cantitative (QTL) din cromozomi, care asigură toleranța la secetă și temperaturi ridicate. De asemenea au fost identificate genele sau fragmentele de ADN detectabile a căror activitate este corelată cu răspunsul la diferiții factori de stres, care constituie marcheri genetici. Astfel, Lin ș.a.

(2006) au folosit marcheri RAPD (random amplified polymorphism) pentru a identifica caracteristicile de producție a plantelor de tomate, în condiții de stres termic. Patru dintre marcherii identificați contribuie la realizarea unui număr mare de fructe pe plantă, cu o masă mare și cu o producție ridicată în condiții de stres termic.

Noile biotehnologii utilizează ingineria genetică pentru transferul controlat al genelor de la o specie la alta, cu scopul de a obține plante cu însușiri noi, capabile să suporte acțiunea factorilor de stres. Pentru aceasta se utilizează molecule de ADN care conțin gena sau grupul de gene de interes care se fragmentează cu ajutorul endonucleazelor de restricție și se separă prin electroforeză pe gel. Fragmentele de interes sunt incluse în vectori de clonare cum sunt plasmidele (ex. plasmidele T de la *Agrobacterium tumefaciensus*) sau bacteriofagii. Aceste plasmide recombinate, transferă ADN-ul recombinat într-o celulă a plantei gazdă, care se multiplică pe un mediu de cultură, unde generează o plantă nouă, cu zestrea genetică modificată.

În viitorul apropiat, tehnologiile de recombinare a ADN-ului vor marca un progres rapid, ceea ce va determina realizarea a numeroase tipuri de plante transgenice, care vor putea reduce efectele negative ale mediului și vor crește rentabilitatea culturilor.

Hirt (2009) subliniază faptul că cele mai multe cercetări din acest domeniu au fost efectuate cu plante de orez, grâu și porumb, care constituie hrana pentru circa 2/3 din populația globului iar Tuteja ș.a. (2012) menționează că s-au mai efectuat cercetări și cu plante de orz, floarea soarelui, trestie de zahăr, sorg, tutun, ceapă, tomate, cartof și varză.

Seki ș.a. (2003), Zhang ș.a. (2004), Vinocur și Altman (2005) au publicat sinteze ale cercetărilor efectuate pe plan mondial, referitoare la mecanismele moleculare ale rezistenței la factorii de stres și rezultatele obținute de ingineria genetică în domeniul obținerii de plante transgenice care tolerează acești

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

factori. Autorii menționează faptul că s-au obținut unele succese în realizarea toleranței la stres prin inginerie genetică.

Utilizarea metodelor de inginerie genetică a permis obținerea de plante transgenice, rezistente la stresul termo-hidric și pe alte căi:

- Prin modificarea compoziției acizilor grași din membranele tilacoide, respectiv prin scăderea gradului lor de nesaturare. Aceasta împiedică modificările de fază a lipidelor sub influența temperaturilor ridicate, respectiv trecerea de la faza lichid cristalină, la cea de gel și scăderea permeabilității membranelor.

- Prin introducerea în plantele sensibile, a genelor implicate în sinteza de osmoliți, de substanțe cu rol protector (proteine de stres termic, proteine LEA) și cu rol antioxidant (Macedo, 2012). Pe această cale s-au obținut genotipuri tolerante la stresul hidric, prin manipularea enzimelor implicate în sinteza: glicin betainei (Chen și Murata, 2008; Nuccio ș.a., 1998), prolinei (Delauney și Verma (1993), a manitolului (Karakas ș.a., 1997), și trehalozei (Suprasanna, 2003). Tao ș.a. (1995) au obținut plante transgenice de *tutun,* utilizând genele care codifică sinteza sorbitolului din *măr.*

McNeil ș.a. (2001) au realizat plante transgenice de tutun prin introducerea genelor care codifică enzimele: colin monooxigenază, NAD+-dependent betain aldehid dehidrogenază și fosfoetanolamin N-metiltransferază care au produs de 50 de ori mai multă colină și de 30 de ori mai multă glicin betaină, decât celelalte plante.

Unele plante așa cum este *cartoful,* conțin setul de gene necesar pentru sinteza de substanțe osmoprotectoare pentru stresul hidric. Anithakumari ș.a. (2012) au identificat la plantele de cartof 47 locusuri cantitative (QTL) din care 28 au fost specifice pentru stresul hidric și 17 au fost corelate cu recuperarea după perioada de stres. Majoritatea acestor locusuri au fost localizate în cromozomul 5, alături de locusurile specifice pentru maturitate.

Pentru obținerea de plante modificate genetic s-au utilizat gene care codifică sinteza diferitelor substanțe osmoprotectoare, așa cum este gena manitol

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

1-fosfat dehidrogenazei din E. *coli* implicată în sinteza manitolului și gena colin dehidrogenazei din *Arthrobacter globiformis* pentru sinteza glicin betainei. De asemenea s-au utilizat genele din Nicotiana plumbaginifolia pentru sinteza enzimelor implicate în procesul de detoxifiere.

Goddijn ș.a. (1997) au prelevat genele otsA și otsB de la *Escherichia coli,* care codifică enzimele trehalozo-6-fosfat sintetază și respectiv trehalozo-6-fosfat fosfatază care au determinat sinteza trehalozei, care a asigurat plantelor de *cartof* rezistența la stresul hidric. Knipp ș.a. (2006) au introdus la plantele de cartof genele sst/fft care codifică sinteza fructanilor, stimulând astfel toleranța la secetă.

Cortina și Culianez-Marcia (2005) au obținut plante transgenice de *tomate* în care s-a stimulat sinteza trehalozei, folosind gena trehalozo-6-fosfat sintazei din drojdii, plante care s-au dovedit a fi tolerante la secetă, stresul salin și oxidativ iar Maghareb ș.a. (2000) au folosit gena badh1 care codifică sinteza betain aldehid dehidrogenazei, care a contribuit la creșterea potențialului osmotic a acestor plante.

Chen și Murata (2008) menționează că s-au obținut plante transgenice de *tomate* și *cartof,* rezistente la stresul hidric, care acumulează glicin betaină.

Park ș.a. (2005) au constatat că expresia în plantele transgenice de *tomate* a genei AVP1, provenită de la *Arabidopsis thaliana,* a determinat formarea unor rădăcini puternice și ramificate, care au permis o mai bună utilizare a apei, în condiții de stres hidric.

Toleranța la stresul indus de secetă s-a realizat și la plantele de *pătlăgele vinete,* prin inducerea expresiei genei bacteriene mtlD (manitol-1-fosfo-dehidrogenază) care este implicată în sinteza manitolului (Prabhavathi et al. 2002).

Bhattacharya ș.a. (2004) au obținut plante transgenice de varză prin introducerea genei bacteriene BetA care codifică sinteza glicin betainei, care au asigurat toleranța la stresul hidric iar Park ș.a. (2005) au obținut plante transge-

nice de varză chinezească care au conținut genele LEA provenite de la *Brassica napus,* care au tolerat acest stres.

Salata transgenică din soiul Grand Rapids în care s-a introdus gena P5CS (pentru d-1-pirolin-5-carboxilat sintază) care catalizează o etapă a biosintezei prolinei, a avut un conținut mai mare de prolină, care a asigurat osmoprotecția la stresul hidric.

Molinari ș.a. (2004) au obținut plante transgenice de citrice utilizând gena p5cs care codifică sinteza prolin carboxilat sintazei, implicată în sinteza prolinei, care a asigurat ajustarea osmotică a plantelor de citrice, în condiții de secetă.

Din analiza lucrărilor publicate rezultă că s-au făcut progrese în ceea ce privește obținerea de plante transgenice rezistente la stresul termo-hidric, dar numărul de specii și soiuri este încă mic. Aceste cercetări trebuie să fie în corelație cu modificarea legislației existente, care în prezent prevede interzicerea cultivării plantelor modificate genetic.

Având în vedere modificările climatice care au loc pe glob și creșterea rapidă a populației, trebuie să se acorde o atenție sporită obținerii de astfel de plante, care să asigure necesarul de resurse alimentare pentru populație.

Creșterea în ultimii 15 ani a numărului de cercetări din acest domeniu, a generat și necesitatea studierii potențialului impact al consumului produselor din aceste plante, asupra sănătății oamenilor și a animalelor. Până în prezent nu există date certe asupra existenței unor efecte nocive.

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

6. BIBLIOGRAFIE

1. Abdul-baki, A. A, & Stommel, J. R. 1995, Pollen viability and fruit-set of tomato genotypes under optimum-temperature and high-temperature regimes. HortScience, 30, 115-117
2. Abelson, J.M., Simon, M.I., 2007, Osmosensing and Osmosignaling. Elsevier Inc.
3. Agati, G., Stefano, G., Biricolti, S., Tattini, M., 2009, Mesophyll distribution of antioxidant flavonoids in *Ligustrum vulgare* leaves under contrasting sunlight irradiance. Ann Bot 104:853–861
4. Aguilar, P.S., Hernandez-Arriaga, A.M., Cybulski, L.E., Erazo, A.C., de Mendoza, D., 2001, Molecular basis of thermosensing: a two component signal transduction thermometer in Bacillus subtilis. EMBO Journal, 20, (7), 1681 – 1691.
5. Aharoni, A., Dixit, S., Jetter, R.,Thoenes, E., van Arkel, G., Pereira, A., 2004, The SHINE clade of AP2 domain transcription factors activates wax biosynthesis, alters cuticle properties, and confers drought tolerance when overexpressed in Arabidopsis. Plant Cell, 16, 2463–2480.
6. Ahmad, P., Prasad, M.N.V., 2012, Environmental Adaptations and Stress Tolerance of Plants in the Era of Climate Change. Springer Verlag. New York, Dordrecht.
7. Ahmad, P., Prasad, M.N.V., 2012, Abiotic Stress Responses in Plants. Springer, New York, Dordrecht, Heidelberg, London.
8. Ahn, Y.J., Claussen, K, Zimmerman, J.L., 2003, Genotypic differences in the heat shock response and termotolerance in four potato cultivars. Plant Science, vol. 166, nr. 4, 901 – 911.
9. Aien, A., Khetarpal, S., Pal, M.,2011, Photosynthetic characteristics of potato cultivars grown under high temperature. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences (2011). , 11, 633-639.
10. Akinci, S., Losel, D.M., 2010, The effect of water stress and recovery periods on soluble sugars and starch content in cucumbers cultivars. Fresen Environ. Bull. 19, 164 – 171.
11. Alleweldt, G., Einbach, R., Ruhl, E.H., 1982, Untersuchugen zum Gaswechsel der Rebe. 1. Einflus von Temperatur, Blattalter und Tageszeit auf Netophotosynthese und Transpiration. Vitis, 21, 93 – 100.
12. Alsina, M,M, Smart, D.R, Bauerle, T., de Herralde, F., Biel, C., Stockert, C., Negron, C., Savé, R., 2011, Seasonal changes of whole root conductance by a drought-tolerant grape root system. J Exp Bot.62, 99–109.

BUCHAREST UNIVERSITY LIBRARY

13. Al-Whabi, M.H., 2010, Plant heat-shock proteins: A mini review. Journal of King Saud University, XXX, 1 – 12.
14. AMN, 2011, Schimbări în evoluția regimului termic și de precipitații din România. București.
15. Amudha, J., Balasubrami, G., 2011, Recent molecular advances to combat abiotic stress tolerance in crop plants. Biotechnology and Molecular Biology Review, vol. 6, 31 – 58.
16. Angelini, F., Cultivații erbacea. Roma.
17. Anithakumari, A.M., Natarja, K.N., Visser, R.G.F., Linden, C.G., 2012, Genetic dissection of drought tolerance and recovery potential by quantitative trait locus mapping of a diploid potato population. Molecular Breeding, 30, 1413 – 1429.
18. Anjun, N.A., Chan, M.T., Umar, S., 2010, Ascorbate – Glutathione Pathway and Stress Tolerance in Plants. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York.
19. Arnholdt-Schmitt, B., 2004, Stress Induced Cell Reprogramming. A Rol for Global Genome Regulation? Plant Physiology, vol.136, 2579 – 2586.
20. Aroca, R., 2010, Plant Responses to Drought Stress. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
21. Aroca, R., 2012, Plant Responses to Drought Stress. Springer, Heidelberg, New York, Dordrecht, London.
22. Asada, K., 1994, Production and action of active oxygen species in photosynthetic tissues. În Causes of Photooxidative Stress and Amelioration of Defence Systems in Plants. Foyer, C.H, Mulineaux, P.M. edit. CRC Press, Boca Raton, Florida.
23. Ashraf, M., Ozturk, M., Athar, H.R., Salinity and Water Stress. Springer Verlag, Berlin Heidelberg.
24. Assmann, S.M., Shimazaki, K, 1999, The Multisensory Guard Cell. Stomatal Responses to Blue Light and Abscisic Acid. Plant Physiology,119, 809 – 816.
25. Bacelar, E.A., Correia, C.M., Moutinho-Pereira, J.M., Gonçalves, B., Lopes, J.I., Torres-Pereira, J.M., 2004, Sclerophylly and leaf anatomical traits of five field-grown olive cultivars growing under drought conditions. Tree Physiol. 24, 233–239.
26. Baier, M., Kamdlbinder, A., Dietz, K.J., Golldack, D., 2007, Subcellular Sites on Environmental Sensing. În Progress in Botany, Luttge edit. Springer Publ. Berlin/ Heidelberg. 201 – 230.
27. Baker, E.H., Bradford, K.J., Bryant, J.A., Rost, T.L., 1995, A comparison of desiccation-related proteins (dehydrin and QP47) in pea (Pisum sativum). Seed Sci Res 5: 185 – 193.
28. Baluška, F., Mancuso, S., 2009, Signaling in Plants. Springer Verlag.
29. Baluška, F., Mancuso, S., Volkmann, D., 2006, Communication in Plants. Springer Verlag, Berlin Heidelberg.

30. Baniță P. și colab., 1981, Cultura plantelor pe nisipuri, Ed. Scrisul Românesc, Craiova
31. Baniwal, S.K. ș.a., 2004, Heat stress response in plants: a complex game with chaperones and more than twenty heat stress transcription factors. J. Bisci. 29, 471 – 487.
32. Bansal, C.K., Nagarajan, S., 1987, Reduction of leaf growth by water stress and it recovery in relation to transpiration and stomatal conductance in some potato genotypes. Journal Potato Research, vol.30, nr. 3, 497 – 506.
33. Bartels, D, Souer, E., 2003, Molecular response of higher plants to dehydration. Top Curr Genet 4, 9 – 38.
34. Bartles, D., Sankar, R., 2005, Drought and salt tolerance in plants. Crit. Rev. Plant Sci. 24, 23 – 58.
35. Bartles, D., Phillips, J., Chandler, J., 2007, Dessication Tolerance: Gene Expression, Pathway, and Regulation of Gene Expression. În Plant Dessication Tolerance, Jenks, M.A., Wood, A.J. edit. Blackwel Publishing.
36. Bartholomew, D.M., Bartley, G.E., Scolnik, P.A., 1991, Abscisic acid control of rbcS and cab transcription in tomato leaves. Plant Phvsiol., 96, 291 – 296.
37. Basra, A.S., 1994, Stress-induced gene expression in plants. Harwood Academic Publishers, Switzerland.
38. Bassett, C.L., 2007, Regulation of Gene Expression in Plants. Springer Science.
39. Basu, P.S., Minhas, J.S., 1991, Heat tolerance and assimilate transport in different potato genotypes. Journal of Experimental Botany, 42, 861 – 866.
40. Basu, P.S., Sharma, A., Sukumaran, N.P., 1998, Change in net photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in potato leaves induced by water stress.Photosynthetica, 35, 13 – 19.
41. Battaglia, M., Olvera-Carilli, Y., ., Covarrubias, A., 2008, The Enigmatic LEA Proteins and Other Hydrophillins. Plant Physiology, 148, 6 – 24.
42. Bejaro, L., Mignolet, E., Devaux, A.,Espinola, N., Carrasco, E., delle, Y., 2000, Glycoalkaloids in potato tubers: the effect of variety and drought stress on the α-chaconine contents in potatoes. Journal of the science of Food and Agriculture, 80, 2096 – 2100.
43. Bharti, K., Nover, L., 2002, Heat stress induced signaling. În Plant Signal Transduction, Scheel, D., Wasternack, C. edit., Oxford University Press.
44. Bhartia, K., ș.a., 2004, Tomato Heat Transcription Factor HsfB1 Represents a Novel Type of General Transcription Coactivator. Plant Cell, 16, 1521 – 1535.
45. Bhattacharya, R.C., Maheswari, M., Dineshkumar, V., Kirti, P.B., Bhat, S.R.,. Chopra, V.L., 2004, Transformation of Brassica oleracea var. capi-

tata with bacterial betA gene enhances tolerance to salt stress. Scientia Hort. 100, 215–227.
46. Bieleski, R.L., 1982, Sugar alcohols. În Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, Springer Verlag, Berlin, vol. 13 A, 158 – 192.
47. Biswal,, B., Biswal, U.C., 1999, Adaptive Response of Chloroplasts. În Handbook of Plant and Crop Stress. Pessarakli, M. Edit., Marcel Dekker Inc. New York, Basel.
48. Bogousewska, D., Grudkowska, M., Zagdanska, B., 2010, Drought Responsive Antioxidant Enzymes in Potato. Potato Research, 53, 373 – 382.
49. Bohnert, H.J., Nelson, D.E., Jensen, R.G., 1995, Adaptation to Environmental Stresses. The Plant Cell, vol. 7, 1099 – 1111.
50. Borah, M.N., Milthrope, F.L., 1962, Growth of potato as influenced by temperature. Indian J. Plant Physiology, 5, 53 – 72.
51. Bordonava, J.C., Terry, L.A., 2010, Manipulating the taste-related composition of strawberry fruits from different cultivar usingdeficit irrigation. Food Chemistry, 122, 1020 – 1026.
52. Borsani, O., Valupesta, V., Botella, M. A., 2001, Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. Plant Physiology, 126, 1024–1030.
53. Boyer, J.S., 1968, Relationship of Water Potential to Growth of Leaves. Plant Physiology, 43, 1056 – 1062.
54. Boyer, J.S., 1982, Plant productivity and environment. Science, 218, 443 – 448.
55. Bradshaw, R.A., Denis, E.A., 2003, Handbook of Cell Signaling. Academic Press, Amsterdam, Boston, Heidelberg.
56. Brânduşe Elena, Şerdinescu A., Tudorache Aurelia, 2013- Influence of soil maintenance systems in vineyards on soil microbial diversity, 36th World Congress of Vine and Wine, Bucharest.
57. Bravdo, B., 2000, Effect of water regime on productivity and and quality of fruit and wine. Acta Horticulturae, 427, 15 – 27.
58. Bray, E., 1993, Molecular responses to plant water deficit. Plant Physiol.103, 1035 – 1040.
59. Bray, E.A., Bailey-Serres, J., Weretilnyk, E., 2000, Response to Abiotic Stress. În Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Buchanan, B., Gruissem, W., Jones, R. edit. Amm. Soc. Polant Physiologysts, Rockville, Maryland.
60. Boggess, S.F., David, E., Koeppe, D.E., 1978, Oxidation of Proline by Plant Mitochondria. Plant Physiol., 62, 22 – 25.
61. Borém, A., Antonio, M., Ramalho, P., Fritsche-Neto, R., 2012, Abiotic Stresses: Challenges for Plant Breeding in the Coming Decades. În Plant Breeding for Abiotic Stress tolerance, Fritsche-Neto, R., Borem, A., edit. Springer, Heidelberg, New York, Dordrecht, London.

62. Brown, D.A., London, E., 1998, Function of lipid rafts in biological membranes. Annu. Rev. Cell Dev. Biology, 14, 111 – 136.
63. Buchanan, B.B., Gruissem, W., Jones, R.L., 2000, Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Amm. Soc. Polant Physiologysts, Rockville, Maryland.
64. Burzo, I., ş.a., 2004, Fiziologia plantelor de cultură. Vol. I, Editura Ceres.
65. Burzo, I., Dobrescu, A., 2005, Fiziologia plantelor de cultură. Vol. II, Editura Ceres.
66. Burzo, I., Dejeu, L., Şerdinescu, A., Bădulescu, L., 2005, Fiziologia plantelor de cultură. Vol. III, Editura Ceres.
67. Burzo, I., Delian E, Hoza, D., 2005, Fiziologia plantelor de cultură. Vol. IV, Editura Ceres.
68. Burzo, I., Voican, V., Luchian, V., 2005, Fiziologia plantelor de cultură. Vol. V, Editura Ceres.
69. Burzo, I., Dobrescu, A., 2011, Stresul termo-hidric la plante. Editura Ceres, Bucureşti.
70. Busuioc Aristiţa ş.a., 2011 - Scenarii de schimbare a regimului climatic în Romania pe perioada 2001-2030, ANM Bucureşti.
71. Butler, D.R., Landsberg, J.J., 1981, Respiration rates of apple trees, estimated by CO2 -efflux measurements. Plant Cell Env. 4,153 – 159.
72. Byrla, D.R., Bouma, T.J., Hartmond, U., Eissenstat, D.M., 2001, Influence of temperature and soil drying on respiration of individual roots in citrus, integrating green observations into a predictive model for the field. Plant Cell Environ. 24:781–790.
73. Byun, M.O., Kwon, H.B., Park, S.C., 2007, Recent advances in Genetic Engineering of Potato Crops For Drought and Saline Stress Tolerance. În Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops, Jenks, M.A., Hasegawa, P.M., Jain, S.M. edit. Springer, Netherlands 713 – 737.
74. Camejo D, Pedro R, Angeles M (2005). High temperature effects on photosynthetic activity of two tomato cultivars with different heat susceptibility. J. Plant Physiol., 162: 281-289.
75. Campalans, A., Montserrat, P., Messeguer, R., 2001, Identification of differentially expressed genes by the cDNA-AFLP technique during dehydration of almond *(Prunus amygdalus)*, Tree Physiology, 21, 633 – 643.
76. Campbell, S.A., Close, T.J., 1997, Dehydrins, The Plant Cell, 7, 1113 – 1115.
77. Carpentier, R., 1999, Effect of High-Temperature Stress on the Photosynthetic Apparatus. În Handbook of Plant and Crop Stress. Pessarakli, M. Edit., Marcel Dekker Inc. New York, Basel.
78. Carvalho, M.H., 2008, Drought stress and reactive oxygen species. Plant Signal Behav. 3, 156 – 165.

79. Chahine, N.,1992, The hydrological cycle and its influence on climate, Nature, 359, 373-380.
80. Chapin, F.S., 1980, The mineral nutrition in wild plants. Annual Review of Ecology ang Systematics, 11, 233 – 260.
81. Chasan, R., 1995, New Openings into Stomata. Plant Cell, 7, 1113 – 1115.
82. Chasompongpan, N., Li, P.H., Davis, D.W., Markhart, A.H., 1990, Photosynthetic Responses to Heat Stress in Common Bean Genotypes Differing in Heat Acclimation PotentialCrop Science, 30, 100 – 104.
83. Chen, T.H., Murata, N., 2002, Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. Curr. Opin. Plant Biol., 5, 250–257.
84. Cherry, J.H., 1994, Mechanisms of Stress Tolerance in Plants. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest.
85. Cherry, J.H., Locy, R.D., Rychter, A., 2000, Plant Tolerance to Abiotic Stresses in Agriculture: Role of Genetic Engineering. Kluwer Academic Press. Dordrecht, Boston, London.
86. Chrispeels, M.J., Agre, P., 1994, Aquaporins. Water channel proteins of plant and animal cells. Trends Biochem. Sci. 19, 421 – 425.
87. Cieslike, K.,1994, The effect of naturally occurring vitamin C in potato tubers on the levels of nitrates and nitrites, Food chemistry, Coden Fochidj, vol. 49, (3), 233-235
88. Cline, W.R., 2007, Global Warming and Agriculture. Center for Global Development Peterson Institute for International Economics, Washington.
89. Close, T.J., Fenton, R.D., Moonan, F., 1993, A view of plant dehydrins using antibodies specific to the carboxyl terminal peptide. Plant Mol. Biol. 23, 279 – 286.
90. Coelho, A.F.S., Gomes, E.P., Sousa, A.D., Gloria, M.B., 2005, Effect of irrigation level on yield and bioactive amine content of American lettuce. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85, 1026 – 1032.
91. Cominelli, E. ş.a., 2000, În Cherry, J.H., Locy, R.D., Rychter, A., 2000, Plant Tolerance to Abiotic Stresses in Agriculture: Role of Genetic Engineering. Kluwer Academic Press. Dordrecht, Boston, London. 181 – 194.
92. Conde, A., Chaves, M.M., Geros, H., 2011, Membrane Transport, Sensing and Signaling in Plant Adaptation to Environmental Stress. Plant and Cell Physiology, 52, 1583 – 1602.
93. Cortina, C., Culianez-Macia, F.A., 2005, Tomato abiotic stress enhanced tolerance by trehalose biosynthesis. Plant Sci. 169:75–82.
94. Costa, L.D., Vedove, G.D., Gianquinto, G., Giovanardi, R., Peressotti, A., 1997, Yield, water use efficiency and nitrogen uptake in potato: influence of drought stress. Potato Res. 40,19–34.

95. Creelman, R.A., Mullet, J.E., 1995, Jasmonic acid distribution and action in plants: Regulation during development and response to biotic and abiotic stress. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 92, 4114 – 4119.
96. Croitoru, M. Toma V., Durău, A., Diaconescu A., Rădoi I., 2001, Cercetări privind calitatea unor produse horticole pe solurile nisipoase din sudul Olteniei, Lucrări Ştiinţifice ale SCCCPN Dăbuleni, Vol. XIII, pag. 222-233, Ed. SITECH Craiova.
97. Croitoru, M., Rădoi I., Toma V., Durău, A., 2010, Increasing of peach production qualitative level on psamosoils through utilization of boron organic natural compounds, 15th World Fertilizer Congress Of The International Scientific Centre For Fertilizers (CIEC), 29 august-2 september, 2010, Bucharest, Romania, 543-550, Ed. Academiei Române.
98. Croitoru, M., Diaconu, A., Milica Dima, 2011, Research on the influence of processing factor son quality of potato tubers on sandy soils in southern Oltenia, Analele Universităţii din Craiova, vol. XVI(LII).
99. Croitoru, M., Toma V., Rădoi I, 2012, Research on the organic crop fertilization of plants, grafted melons, on sandy soil in southern Oltenia, A 20a Coferinta Internationala de Stiinta Solului cu tema "Starea de Calitate a Resurselor de Sol şi Protecţia Mediului în Oltenia (Judeţele: Dolj, Gorj, Mehedinţi) "26 august-01 septembrie, Craiova, 2012.
100. Croitoru M., Diaconu A., Dima M., Drăghici I., 2013,The researchs on the biochemical composition of potato tubers depending on the variety and water supply in conditions of sandy soils in southern Oltenia, Scientific Papers of Scientific Conferences With International Participation Particular Focus Of The Conference „ Sustainable Development In Agriculture And Horticulture" And „Durable Agriculture – Agriculture Of Future" The Ninth Edition Vol. Xliii/1,2 2013 ISSN 1841-8317 ISSN Cd-Rom 2066-950x , pag.128-133, Craiova Romania 14th-15th November 2013.
101. Croitoru M., Toma V., Ciuciuc E., Rădoi I., Vladu C., 2013, Researches regarding biochemical composition of plants and fruits cultivars of watermelons to some obtained on sandy soils in the conditions of biochemical agriculture, Journal Of Horticulture, Forestry and Biotechnology, Vol. 17(2), pag.117-125, Editura AGROPRINT Timişoara.
102. Crowe, J.H., Hockstra, F.A., Crowe, L.M., 1992, Anhydrobiosis. Ann. Rew. Plant Physiol., 54, 579 – 599.
103. Cruiziat, P., Bodet, C., 1974, Détermination des pertes en eau subies par les différents organes d'une plante soumise au dessèchement. Ann. Agron. 25: 539-554.
104. Cruz de Carvalho, M.H., Contour-Ansel, D., 2008, (h)GR, beans and drought stress Plant Signal Behav., 3, 834–835.
105. Cutler, S.R., Rodriguez, P.L., Finkelstein, R.R., Abrams, S.R., 2010, Abscisic acid: emergence of a core signaling network. Annu. Rev. Plant Biol., 61, 651–679.

106. Czarnecka-Varner, E., Songqin, Pan, Chao-Xing Yuan, Gurley, W.B., 2000, Functional Specialisation of Plant Class A and B HSFs. În Plant Tolerance to Abiotic Stresses in Agriculture: Role of Genetic Engineering, Cherry, J.H., Locy, R.D., Rychter, A. edit., Kluwer Academic Press. Dordrecht, Boston, London. 3 – 28.
107. Czernic, P., Visser, B., Sun, W., Savoure, A., Deslandes, L., Marco, Y., Van Montagu, M., Verbruggen, N., 1999, Characterisation of an Arabidopsis thaliana receptor-like protein kinase gene activated by oxidative stress and patogen attack. Plant Journal, vol. 18, 3, 321 – 327.
108. Damian Doina, Calistru Gh., 1996- Comportarea unor soiuri de viță de vie la factorii climatici de stres, Anale ICVV, vol. XV, p.. 215-226.
109. Dănescu, F., Costăchescu, C., Petrila, M., 2007, Studiu de fundamentare a necesității instalării perdelelor forestiere de protecție a câmpului în județul Constanța. Analele ICAS, 50, 299 – 316.
110. Dawson, B., Spannagle, N., 2009, The Compete Guide to Climate Change. Routlege, USA.
111. Desonie, D., 2008, Climate. Cause and Effects on Climate Change. Chelsea House Publishers.
112. Deguchi, M., Saeki, H., Ohkawa, W., Kanahama, K., Kanayama, Y., 2002, Effects of low temperature in sorbitol biosynthesis in peach leaves. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 71, 446 – 448.
113. Delauney, A.J., Verma, D.P., 1993, Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. Plant J., 4,215–223.
114. Demiral, T., Turkan, I., Sekmen, A.H., 2011, Signalling strategies During Drought and Salinity, Recent News. În Plant Response to Drought and Salinity Stress, Turkan, I. edit. Elsevier Press.
115. Dettori. S., 1985, Leaf water potential, stomatal resistance and transpiration response to different watering in almond, peach and Pixy plum. Acta Hortic. 171, 181 – 186.
116. Di Fernando, M., Brunetti, C., Fini, A., Tattini, M., 2012, Flavonoids as antioxidants in Plants Under Abiotic Stress. În Abiotic Stress Responses in Plants. Ahmad și Prasad, edit.,Springer, New York, Dordrecht, Heidelberg, London.
117. Ding, B., Turgeon, R., Parthasarathy, M.,V., 1992, Substructure of freeze substituted plasmodesmata. *Protoplasma* 169: 28–41.
118. Divi U., K., Krishna, P., 2009, Brassinosteroids Confer Stress Tolerance. În Plant Stress Biologi. Hirt, H. edit. Willey Blackwell, Weinheim.
119. Doll, P., 2002, Impact of climate change and variability on irrigation requirements. A global perspective. Climatic change, 54, 269 – 293.
120. Dragotă, C,S., Dumitrașcu, M., Grigorescu, I., 2011, The Climatic Water Deficit in South Oltenia Using the Thorthwaite Method. Studii și cercetări de geografie și protecția mediului, vol. 10, nr. 1, 140 – 148.

121. Dreher, K., Callis, J., 2007, Ubiquitin, Hormones and Biotic Stress in Plants. Annals of Botany, vol. 99, nr. 5, 787 – 822.
122. Du, T., Khang, S., Zhang, J., Li, F., Yan, B., 2008, Water use efficiency and fruit quality of table grape under alternate partial rot-zone drip irrigation. Agricultural Water Management, 95, 659 – 668.
123. Dubey, R.S., 1999, Protein Synthesis by Plant Under Stressful Conditions. În Handbook of Plant and Crop Stress. Pessarakli, M. Edit., Marcel Dekker Inc. New York, Basel.
124. Dudek, R.W., 1999, High Yield Cell and Molecular Biology. Walters Kluwer Comp.
125. Dure, L. III, 1993, 1993, Structural motifs in Lea proteins. În Plant responses to Cellular dehydration during Environmental Stress. Current Topics in Plant Physiology. T.J., Bray, E.A. edit. Rockville, 91 – 103.
126. During, H, Scienza, A., 1980, Drought resistance of some vitis species and cultivars. Proc. 3rd Int. Symp. Grape Breeding. Univ. California, Davis.
127. During, H., 1984, Evidance for osmotic adjustment to grought in grapevines. Vitis, 23, 1 – 10.
128. During, H., 1985, Osmotic adjustment in grapevines. Acta Horticulturae, vol. 171, 315 – 330.
129. During, H., 1987, Die wein-wissenschaft, 6, 391 – 399.
130. During, H., 1988. CO_2 assimilation and photorespiration of grapevine leaves: responses to light and drought. Vitis 27, 199 – 208.
131. Dwelle, R.B., ș.a., 1979, The influence of physiological processes on tuber yield of potato clones (Solanum tuberosum L.): Stomatal diffusive resistance, stomatal conductance, gross photosynthetic rate, leaf canopy, tissue nutrient levels, and tuber enzyme activities. Potato Research, 24, 33 – 47.
132. Dziubinska, H., 2003, Ways of signal transmission and physiological role of electrical potentials in plants. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 72, (4), 309 – 318.
133. Easterling, W.E., Aggarwal, P.K., Batima, P.,Brander, K.M., Erda, L., Howden, S.M., Kirilenko, A., Morton, J., Soussana, J.F., Schmidhuber, J., Tubiello, F.N., 2007, Food, fibre and forest products. În Climat Changes, 2007, Cambridge Univ. Press.
134. ECSN, 1995, European Climate Support Network. Climate of Europe: Recent Variation, Present State and Future Prospects. KNMI, De Bilt.
135. ECSN 2001, 2001, Climate change, impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge Univ. Press.
136. Edwards, G.E., Walker, D., 1983, C3, C4: Mechanisms and cellular and environmental regulation of photosynthesis.University of California Press, Berkeley, CA.

137. El-Ahmadi, A.B., Stevens, M.A., 1979, Reproductive responses of heat tolerant tomatoes to high temperature. J. of the American Soc. Hort. Sci. 104, 686 – 691.
138. Enami, I., Tomo, T., Kitamura, M., Katoh, S., 1994, Immobilization of the 3 extrinsic proteins in spinach oxygen-evolving photosystem-II membranes. Roles of tehe proteins in stabilization of binding of Mn and Ca. Biochem. Biphys. Acta 1185, 75 – 80.
139. Escobar-Gutierrez, A.J. ș.a., 1998, Photosynthesis, carbon partitioning and metabolite content during drought stress in peach seedling. Aust. J. Plant Physiol. 25, 197 – 205.
140. Espartero, J., Pintor-Toro, J.A., Pardo, J.M., 1994, Differential accumulation of S-adenozil-L-metionin synthetase transcripts in response to salt stress. Plant Mol. Biol. 25, 217 – 227.
141. European Environment Agency, 2012, Towards eficient use of water resources in Europa, Report nr. 1.
142. Ewing, E.E., 1981, Heat stress and the tuberization stimulus. American Potato Journal, 58, 31 – 49.
143. Ewing, E.E., Struik, P.C., 1992, Tuber formation in potato: induction, initiation and growth. Horticultural Reviews, 14, 89 – 198.
144. Fahem, M., Hoverkort, A.J., 1988, Comparison of the growth of potato crops grown in autumn and spring in North Africa, Potato Research, 31, 557 – 568.
145. Failla, O., Dilio, P.G., Giornate Scientifiche SOI, 363 – 364.
146. FAO, 2008, Hunger of the Rise: Soaring Price add 75 milion People to Global Hunger Rolls. Briefing Paper FAO, Rome.
147. FAOSTAT., 2006, FAO Data for Agriculture: Statistics Database. FAOSTAT., Rome, Italy.
148. Farooq, M., Hussain, M., Wahid, A., Siddique, K.H.M., 2010, Drought Stress in Plants: An Overview. În Plant Responses to Drought Stress. Aroca, R. edit. Springer, Heidelberg, New York, Dordrecht, London.
149. Fedoroff, N., 2006, Redox Regulatory Mechanism in Cellular Stress Responses. Annals of Botany, vol. 98, nr. 2, 289 – 300.
150. Fendler, S.E., O'Konnell, M.A., 1990, Expression of the Heat Shock Response in a Tomato Interspecific Hibrid is not Intermediate Between the Two Parental Responses.Plant Physiol. 93, 1140 – 1146.
151. Fischer, G., Shah, M., Tubiello, F.N., van Velhuizen, H., 2005, Socio-economic and climate change impacts on agriculture. Phylosophical Transactions on Royal Society, Biological Science, 360, 2067 – 2083.
152. Flexas, J., Gallé, A., Galmés, J., Ribas-Carbo, M., Medrano, H., 2012, The Response of Photosynthese of Soil Water Stress. În Plant Responses to Drought Stress. Aroca, R. edit., Springer, Heidelberg, New York, Dordrecht, London.

153. Foyer, C., 1994, Protection against oxygen radicals- An important defense mechanism studied in transgenic plants. Plant Cell Environ. 17, 507 – 523.
154. Fray, R.G., Wallace,A., Grierson, D., Lycett, G.W.,1994, Nucleotide sequence and expression of a ripening and water stress-related cDNA from tomato with homology to the MIP class of membrane channel proteins. Plant Molecular Biology 24, 539–543.
155. Friedman, L.S., 2009, Climate Change. Greenhaven Press. Farmington Hills.
156. Fritsche-Neto, R., Borem, A., 2012, Plant Breeding for Abiotic Stress Tolerance. Springer, Heidelberg, New York, Dorfrecht, London.
157. Gandar, P.W., Tanner, T.J., 1976, Leasf Growth, Tuber Growth and Water Potential in Potatoes. Crop Sci. 16, 534 – 538.
158. Gaupels F, Furch, A.C., Will, T., Mur, L.A., Kogel, K.H., Bel, A.J., 2008, Nitric oxide generation in Vicia faba phloem cells reveals them to be sensitive detectors as well as possible systemic transducers of stress signals. New Phytol 178, 634 – 646.
159. Geigenberger, P., Geiger, M., Stitt, M., 1998, High-Temperature Perturbation of Starch Synthesis Is Attributable to Inhibition of ADP-Glucose Pyrophosphorylase by Decreased Levels of Glycerate-3-Phosphate in Growing Potato Tubers 1. Plant Physiol., 117, 1307 – 1316.
160. Geisemberg, C., Stewart, K., 1986, Field crop management. În The Tomato Crop, Alterton, J.G. and Rudich, J. edit. Chapman Hall, London.
161. Geisler, M.,2010, Transcription and Signaling Factors in the Drought Response Regulatory Network. În Gene for Plant Abiotic Stress, Jenks, M.A. and Wood, A.J. edit. Wiley – Blackwel, Singapore.
162. Geisler, M., Venema, K., 2011, Transporters and Pumps in Plant Signaling, Springer Verlag.
163. Georgescu Magdalena şi colab., 1986 – Ghid pentru meseria de viticultor, Ed. Ceres, Bucureşti.
164. Georgieva, V., Kudriev, T., 1979, Mineral Nutrition of Plants. Vol. II, 231 – 235.
165. Gitay, H, Brown, S., Easterling, W., Jallow, B., 2001. În Climate Change Report IPPC, Cambridge Press, 235 – 342.
166. Giulioni, L., Wery, J., Tardieu, F., 1997, Heat stress-induced abortion of buds and flowers in pea: is sensitivity linked to organ age or to relations between reproductive organs. Ann. Bot. 80:159-168.
167. Goddijn, O.J.M., Verwoerd, T. C., Voogd, E,. Krutwagen, R.W.H.H., de Graff, P.T.H.M., Poels, J., van Dun, K., Ponstein, A. S., B., Pen, J., 1997, Inhibition of Trehalase Activity Enhances Trehalose Accumulation in Transgenic Plants Plant Physiol. 113: 181-190.
168. Golding, A., Johnson, G.N., 2003, Down-regulation of linear and activation of cyclic electron transport during drought. Planta, 218 , 107 – 114.

169. Gomez, J., ş.a., 1988, A gene induced by the plant hormone abscisic acid in response to water stress encodes a glycine-rich protein. Nature, 334, 262 – 264.
170. Gomprets, B.D., Tatham, P.E.R., Kramer, I.M., 2002, Signal Transduction. Academic Press, San Diego, San Francisco.
171. Gounaris, K., Mannock, D.A., Sen, A., Brain, A.P.R., Williams, W.P., Quinn, P.J., 1983, Polyunsaturated fatty acyl residues of galactolipids are involved in the control of bilayer/nonbilayer lipid transition in higher plant cloroplasts. Biochim. Biophys. Acta, 732, 229 – 242.
172. Goyal, K., Walton, L.J., Tunnacliffe, A., 2005, LEA protein prevent protein aggregation due to water stress. Biochem. J., 388, 151 – 157.
173. Greer, D.,H., Weedon, M.,M., 2012, Modelling photosynthetic responses to temperature of grapevine (*Vitis vinifera* cv. Semillon) leaves on vines grown in a hot climate. Plant, Cell & Environment (2012). , 35, 1050-1064.
174. Grillo, S., ş.a., 1995, Control of osmotin gene expression by ABA and osmotic stress in vegetative tissues of wild type and ABA deficit mutants of tomato. Physiologia Plantarum, vol. 93, nr. 3, 498 – 504.
175. Grillo, S., Leone, A., 1996, Physical Stresses in Plants. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
176. Grumeza N., 1979 - Rezultate experimentale privind momentul optim de încetare a udărilor în plantațiile viticole irigate de pe nisipuri. Lucrări științifice SCCCPN Dăbuleni, vol.III.
177. Guy, C.L., Li, Q.B., 1998, The Organization and Evolution of the Spinach Stress 70 Molecular Chaperone Gene Family Plant Cell, 10, 539 - 556.
178. Guilioni, L., Wery, J., Tardieu, F., 1997, Heat Stress induced Abortion of Buds and Flowers in Pea. Annals of Botany, vol.80, nr.2, 159 – 168.
179. Guitianan, M.J., Marcotte,W.R., Quatrano, W.S., 1990, A plant Leucin Zipper protein that recognizes anabscisic acid response element. Science, 250, 267 – 271.
180. Gupta, A.S., Heinen, J.L., Holaday, A.S., Burke, J.J., Allen, R.D., 1993, Increased Resistance to Oxidative Stress in Transgenic Plants that Overexpress Chloroplastic Cu/Zn Superoxide Dismutase. Proc. Nat. Acad. Sci., 90: 1629-1633.
181. Gupta, S.D., 2011, Reactive Oxygen Species and Antioxidants in Higher Plants. CRC Press, Boca Raton, Florida.
182. Gurley, W.B., 2000, HSP 101: A Key Component for Aquisition mof Thermotolerance in Plants. The Plant Cell, vol. 12, 457 – 460.
183. Hale, M.G., Orcutt, D.M., 1987, The Physiology of Plants under Stress. Wiley Intescience Publication, New York
184. Halford, N.G., Hardie, D.G., 1998, SNF-1 related protein kinases: Global regulators of carbon metabolism in plants? Plant Molecular Biology 37, 735–748.

185. Hall, A.E., 2001, Crop Responses to the Environment. CRC Press, Boca
186. Hammes, P.S., De Jager, J.A., 1990, Net photosynthetic rate of potato high temperature. Journal Potato Research, vol. 33, nr. 4, 515 – 520.
187. Hansen, J. ș.a., 2006 – Global temperature change, PNAS, vol. 103, nr. 39.
188. Hara, M., Furukawa, J., Sato, A., Mizoguchi, T., Miura, K., 2012, Abiotic Stress and Role of Salicylic Acid in Plants. În Environmental Adaptations and Stress Tolerance of Plants in the Era of Climate Change. Ahmad, P., Prasad, M.N.V., edit., Springer Verlag. New York, Dordrecht.
189. Haniwal, S.K., ș.a., 2004, Heat stress response in plants: a complex game with caperones and more than twenty heat stress transcription factors. J. Bioscience,vol. 29, nr. 4, 471 – 484.
190. Harndahl, U., ș.a., 1999, The cloroplast small heat shock protein undergoes oxidation dependent conformational changes and max protect plants from oxidative stress. Cello Stress & Chaperones, vol.4, nr.2, 200 – 230.
191. Harper, J.F., Breton, G., Harmon, A.C., 2004, Decoding Ca2+ signals through plant protein kinases. Ann. Rev. Plant Biol. 55, 263 – 288.
192. Hassanpanah, D., 2010, Evaluation of Potato Cultivars for Resistance Against Water Deficit Stress Under In Vivo Conditions. Potato Research, 53, 383-392.
193. Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Fujita, M., 2013, Extrem Temperature Responses, Oxidative Stress and Antioxidant Defense in Plants. În Abiotic Stress Plant Responses and Applications in Agriculture. Vahdati, K și Leslie, C. edit, inTech, Rijeka, Croația.
194. Havaux, M., 1992, Stress tolerance in photosystem in vivo: Antagonistic effects of water, heat and photoinhibition stresses. Plant Physiology, 100, 424 – 432.
195. Havaux, M., 1993, Rapid photosynthetic adaptation to heat stress triggered in potato leaves by moderately elevated temperatures. Plant Cell Environ. 16, 461 – 467.
196. Havaux, M., 1996, Short-term response of Photosystem I to heat stress. Photosynthesis Research, vol. 47, nr. 1, 85 – 97.
197. Havaux, M., 1999, Characterisation of termal damage to the photosynthetic electron transport system in potato leaves. Plant Science, vol. 94, nr. 1 – 2, 19 – 33.
198. Havaux, M., Greppin, G.M., Strasser, R.J., 1991, Functioning of photosystem II in pea leaves exposed to heat stress in presence or absence of light. Planta, 186, 88 – 98.
199. Havorkort, A.J.,Van de Waart, M., Bodlaender, K.B.A., 1990, The effect of early drought stres son numbers of tubers and stolons of potato in controlled and field conditions. Journal Potato Research, vol. 33, nr. 1, 89 – 96.

200. Hedden, P., Thomas, S.G., 2006, Plant Hormone Signaling. Blackwell Publishing.
201. Heilmann, I., Perera, I.Y., Stevenson, J.M., Boss, W.F., 2000, Sense and Sensibility: Inositol Phospholipidsnas Mediators of Abiotic Stress. În Plant Tolerance to Abiotic Stress in Agriculture: Role of Genetic Engineering. Cherry, J.H., Locy, R.D., Rychter, A. edit., NATO Science Series High Technology vol. 83.Kluwer Academic Publishers Dordrecht, Boston, London, 285 - 296.
202. Henderson-Sellers, A., 1995, Future climat of the world. În Landsberg, H.E., edit., World Survey of Climatology. Vol. 16, Elsevier, Amsterdam, Leusanne, New York.
203. Herouart, D. ş.a., 1993, Genetic engineering of oxidativ stress resistance in higher plants. Philos. Trans. R. Soc. London, B, 342, 235 – 240.
204. Hetherington, S.E. ş.a.,1983, Heat tolerance and cold tolerance of cultivated potatoes measured by chlorophyll-fluorescence method. Planta, vol.159, nr. 2, 119 – 124.
205. Hey, S.J., ş.a., 1997, Abscisic acid signal transduction in epidermal cells of Pisum sativum L. Argenteum: both dehydrin mRNA accumulation and stomatal responses require protein phosphorylation and dephosphorylation. Planta, 202, 85 – 92.
206. Hieng, B., 2004, Different classes of proteases are involved in the response to drought of Phaseolus vulgaris cultivars differing in sensitivity. Journal of Plant Physiology, vol. 161, nr. 5, 519 – 530.
207. Hijmans, R.I., 2003, The effect of climate change on global potato production. Am. J. Potato Res. 80, 271 – 279.
208. Hirt, H., 2009, Plant Stress Biology. Wiley-VCH Verlag GmbH.
209. Hirt, H., Shinozaki, K., 2004, Plant Responses to Abiotic Stress. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
210. Hodson, M.J., Bryant, J.A., 2012, Functional Biology of Plants, Wiley – Blackwell, Oxford.
211. Holt, N.E., Fleming, G.R., Niyogi, K.K., 2004, Toward an understanding of the mechanism on nonphotochemical quenching in green plants. Biochemistry, 43, 8281 – 8289.
212. Hong, S.W., Vierling, E., 2000, Mutants of Arabidopsis thaliana defectiv in the acquisition of tolerance to high temperature stress. Proc. Natl. Acad. Sci. USA.
213. Hong-Tao, L., ş.a., 2003, Calmodulin is involve in Heat Shock signal Transduction in Wheat. Plant Phisiology, 132, 1186 – 1195.
214. Houghton, J.T., Din, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K., Johnson, C.A., 2001, Climate Changes, The Scientific Basis. Cambridge Univ. Press, UK, 944 p.
215. Husaini, A.M., Rafiqi, A.M., 2012, Role of Osmotin in Strawberry Improvement. Plant Mol. Biol. Rep. 30,1055 – 1064.

216. Hsiao, T.C., Ferreres, E., Henderson, D.W., 1976, Water stress and dynamics of growth and yield of crop plants. În water and plant life. Lange O. ș.a. edit. Springer Verlag, Berlin, 81 – 305.
217. Ibrahim, A.M.H., Quick, J.S., 2001, Genetic Control of High Temperature Tolerance in Wheath as Measured by Membrane Thermal Stability. Crop Science, 41, 1405 – 1407.
218. Ignat,P, Vrânceanu, A., Anghel, A., 2009, Assesmant of degradation processes and limitative factors concerning the arenosols from Dăbuleni – Romania. Studii și cercetări de geografie și protecția mediului, nr. 8, 64-71.
219. Ingram, J., Bartels, D., 1996, The Molecular Basis of Dehydration Tolerance in Plants. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biology, 47, 377 – 403.
220. IPCC – Intergovernamental Panel on Climate Change, 1996, The Science of Climate Change, Houghton, J.T., at all. Edit. Cambridge Univ. Press.
221. IPCC, 1990, Climate Change: The IPCC Scientific Assessment. WMO/UNEP, ed. J. T. Houghton, G. J. Jenkins & J. J. Ephraums. Report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
222. IPCC, 1992, Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. WMO/UNEP. ed. J. T. Houghton, B. A. Callander & S. K. Varney. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
223. IPCC, 1994, Radiation Forcing of Climate Change. The 1994 Report of the Scientific Assessment Working Group of IPCC. Summary for Policymakers. WMO/UNEP, Geneva, Switzerland.
224. IPCC. (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. M. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden & C.E. Hanson (eds). Cambridge University Press, Cambridge.
225. Ishikawa, H., Aizawa, H., Kishira, H., Ogawa, T., Sakata, M., 1983, Light-Induced Changes of Membrane Potential in Guard Cells of *Vicia faba*, Plant Cell Physiology, 24, 769 – 772.
226. Jenks, M.A., Hasegawa, P.M., 2005, Plant Abiotic Stress. Blackwell Publishing, Oxford.
227. Jenks M.A., Wood, A.J., 2007, Plant Dessication Tolerance. Blackwell Publishing.
228. Jenks M.A., Wood, A.J., 2010, Genes for Plant Abiotic Stress. Wiley - Blackwe
229. Jefferies, R.A., 1989, Water-Stress and Leaf Growth in Field-grown Crops of Potato (Solanum tuberosum L.) J. Exp. Botany, 40, 1375 – 1381.
230. Jeuffroi, M.H., 1994, Agrophysiologie du pois proteaginaux, Paris, 157 – 169.

231. IHP – UNESCO World Water Resources at the Beginning of the 21st Century.
232. Jonak, C. ş.a., 2000, MAP Kinases in Plant Signal Transduction. În Plant Tolerance to Abiotic Stress in Agriculture: Role of Genetic Engineering. Cherry, J.H., Locy, R.D., Rychter, A. edit., NATO Science Series High Technology vol. 83.Kluwer Academic Publishers Dordrecht, Boston, London 67 – 79.
233. Jones, V.G. ş.a., 2005 - Climate change and global wine quality, Climatic Change, 73, 319-343
234. Jones, V.G., 2007 – Spatial changes in global viticulture zones (in process Winter 2007)
235. Kagan-Zur, V. ş.a., 1996, Plant Mol. Biol. 29, 1119 – 1123.
236. Kaiser, W.M.,1987, Effects of water deficit on photosynthetic capacity. Physiologia Plantarum, 71, 142-9.
237. Kanesaki, Y., Yamamoto, H., Paithoonrangsarid, K., Shoumskaya, M., Suzuki, I., Hayashi, H., Murata, N., 2007, Histidine kinases play important roles in the perception andsignal transduction of H2O2 in the cyanobacterium *Synechocystis*. Plant J 49:313–324
238. Kantar, M., Lucas, S.J., Budak, H., 2011, Drought Stress : Molecular Genetics and Genomic Aproach. În Advances in Botanical Research, vol. 57, Turcan, I. edit., Elsevier Ltd.
239. Karafyllidis, D.I., Stavropoulos, N., Georgakis, D., 1996, 1996, The effect of water stress on the yielding capacity of potato crops and subsequent performance of seed tubers. Potato Research, 39, 153 – 163.
240. Karr, E.J., ş.a., 1959, The Effect of Short Periods of High Temperature During Day and Night Periods on Pea Yields. Am. J. Bot. 46, 91 – 93.
241. Kaur, N., Gupta, A.K., Signal transduction pathways under abiotic stress in plants. Current Science, vol. 88, nr. 11, 1771 – 1780.
242. Kavi Kishore, P.B., Hong, Z., Miao, G., Hu, C., Verma, D.P.S., 1995, Overexpression of pirroline-5-carboxylate-5-synthase increases production praline production and confer osmotol-erance in transgenic plants. Plant Physiology, 3, 513 – 525.
243. Kenny G.J., Harrison P.A., 1992 – The effects of climate variability and change on grape suitability in Europe, Journal of Wine Research, 3, 163-183.
244. Key, J.L., Lin, C.Y., Chen, Y.M., 1981, Heat shock proteins of higher plants. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 78, 3526 – 3530.
245. Key, J.L. ş.a., 1985, Physiological and Molecular Analisses of the Heat Shock Response in Plants. În Atkinson and Walden ed., Changes in Eukaryotic Gene Expression, in Response to Environmental Stress. Academic Press, Orlando, 327 – 348.

246. Kirch, H.H., Phillips, J., Bartles, D., 2002, Dehydration stress signal transduction. În Plant Signal Transduction, Scheel, D., Wasternack edit. Oxford University Press.
247. Kirkpatrick, D.S., ș.a., 2006, Quantitative analysis of in vitro ubiquitinated cyclin B1 reveals complex chain topology. Nature Cell Biology, 8, 700 – 710.
248. Klimecka, M., Muszynska, G., 2007, Structure and function of plant calcium-dependent protein kinases. Acta Biochimica Polonica, vol. 54, nr. 2, 55.
249. Klueva, N.Y., Marmiroli, E., Nguyen, H.T., 2001, Mechanism of thermotolerance in crops. În Crop Responses and Adaptation to Temperature Stress. Basra A.S. edit. Food Products Press, Binghampton, New York.
250. Knipp, G., Honermeier, B., 2006, Effect of water stress on praline accumulation of genetically modified generating fructans. Journal of Plant Physiology, vol. 163, nr. 4, 392 - 397.
251. Kovaks, D., Agoston, B., Tompa, P., Disordered plant LEA proteins as molecular chaperones. 2008, Plant Signaling and Behavior, 3, 710 – 713.
252. Kragler, F., Hülskamp, M., 2012, Short and Long Distance Signaling. Springer Verlag.
253. Kramer, P.J., Boyer, J.S., 1995, Water Relations of Plant and Soils. Academic Press, San Diego.
254. Krauss, G., 2003, Biochemistry of Signal Transduction and Regulation. Wiley – VCH, Verlag.
255. Kregel, K.C., 2002, Heat shock proteins modifying factors in physiological stress responses and acquired thermotolerance. J. App. Physiol. 92, 2177 – 2186.
256. Kreps, J.A., Wu, Y., Chang, H.S., Zhu, T., Wang, X. and Harper, J.F., 2002, Transcriptome Changes for Arabidopsis in Response to Salt, Osmotic, and Cold Stress. *Plant Physiol.* 130, 2129-2141.
257. Kreslavski, V.I. ș.a., 2007, Molecular mechanism of stress resistance of the photosynthetic apparatus. Biochemistry (Moskova) Suppl. Series A, vol. 1, nr. 3, 185 – 205.
258. Krishna, P., 2003, Plant responses to abiotic stress. Topics in Curent Genetics, vol. 4, 73 – 101.
259. Ku, S.B., Edwards, G.E., Tanner, C.B., 1977, Effects of Light, Carbon Dioxide, and Temperature on Photosynthesis, Oxygen Inhibition of Photosynthesis, and Transpiration in Solanum tuberosum. Plant Physiol. 59, 868 – 872.
260. Kumar, S., Kaur, R., Kaur, N., Bhandhari, K., Kaushal, N., Gupta, K., Bains, T.S., Nayyar,H., 2011, Heat-stress induced inhibition in growth and chlorosis in mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb.) is partly mitigated by ascorbic acid application and is related to reduction in oxidative stress. Acta Physiologiae Plantarum 2011, 33, 2091-2101.

261. Kwang, S.S., Lim, S., Tang, L., Kwon, S.Y., Lee, H.L., 2009, Enhaced Tolerance of Transgenic Crops Expressing Both Superoxid Dismutaze and Ascorbat Peroxidase in Chloroplasts to Multiple Environmental Stress. În Salinity and Water Stress Improving Crop Eficiency. Ashraf, M., Ozturk, M., Athar, H.R. edit. Springer Science.
262. Lafta, A.M., J.H., 1995, Effect of High Temperature on Plant Growth and Carbohydrate Metabolism in Potato. Plant Physiol.,109, 637 – 643.
263. Lafta, A.M., Lorenzen, J.H., 1995, Effect of High Temperature on Plant Growth and Carbohydrate Metabolism in Potato. Plant Physiol., 109, 637-643.
264. Lakso, A.N., 1985, The effects of water stress on physiological processes in fruit crops. Acta Hortic.171, 275 – 289.
265. Lambert, R.G., Linck, A.J., Effect of High Temperature on Yield of Peas. Plant Physiology, 33, 347 – 350.
266. LaRosa, P.C. ș.a., 1992, Osmotin gene expression is posttranscriptionally regulate. Plant Physiology, 100, 409 – 415.
267. Le, T.S., 2012, Irigation Systems in Challenging Environments. InTech, Riyeka, Croația.
268. Ledesma, L., Sugiyama, N., 2005, Pollen Quality and Performance în Strawbery plants Exposed to High-temperature Stress. J. Ammer. Soc. Hort. Sci., 130, 295 – 477.
269. Lee, G.J., Pokala, N., Vierling, E., 1995, Structure and *in vitro* molecular chaperone activity of cytosolic small heat shock proteins from pea. J Biol Chem., 270, 10432 - 10438.
270. Lee, J., Hubel, A., Schöffl, F., 1995, Derepression of the activity of genetically engineered heat shock factor causes constitutive synthesis of heat shock proteins and increased thermotolerance in transgenic *Arabidopsis*. Plant J., 8, 603 – 612.
271. Lee, G.J., Roseman, A.M., Saibil, H.R., Vierling, E., 1997, A small heat shock protein stabily heat-denatured model substrates and can maintain a substrate in a folding-component state. EMBO J. 16, 659 – 671.
272. Lee, P.F., Hsing, Y.C., Chow, T.Y., 2000, Promoter activity of a soybean gene encoded seed maturation protein, CmPM9. Bot. Bull. Acd. Sci. Sin. 41, 175 – 182.
273. Lee, G.J., Vierling, E., 2000, A smal heat shock protein cooperates whit heat shock protein 70 systems to reactivate a heat denatured protein. Plant Physiol. 122, 189 – 198.
274. Lehti-Shiu, M.D., Zou, C., Hanada, K., Shiu, S.H., 2009, Evolutionary History and Stress Regulation of Plant Receptor-Like Kinase/Pelle Genes. Plant Physiology, 150, 12 – 26.
275. Lenne, C., Block, M.A., Garin, J., Douce, R., 1995, Sequence and expression of the mRNA encoding HSP22, the mitochondrial small heat-shock protein in pea leaves. Biochem J., 311, 805 - 813.

276. Leone, A.,Perrotta, C., Maresca, B., 2003, Plant Tolerance to Heat Stress: Current Strategies and New Emergent Insight. În Abiotic Stresses in Plants. Sanita di Topi şi Pavlik-Skowronska edit. Springer Science, Dordrecht.
277. Leprince, O., Hendry, G.A.F., McKersie, B.D., 1993, The meccanism of dessication tolerance in developing seeds. Seed Sci. Res., 3, 241 – 246.
278. Le Roy Ladurie E. 1971 – Times of feast, times of famine: a history of climate since the year 1000, Doubleday, Garden City, New York
279. Letcher, T.M., 2009, Climate Change. Elsevier, Amsterdam.
280. Levi, D., 1983, Varietal difference in the response of potatoes to repeated short periods of water stress in hot climat. Journal Potato Research, vol 26, nr. 4, 303 – 313.
281. Levi, D., 1985, The response of potatoes to a single transient heat or drought stress imposed at different stages of tuber growth. Poatato Journal, vol. 28, nr. 4, 415 – 424.
282. Levitt, J. 1980, Responses of plants to environmental stresses. Academic Press, New York, 497 p.
283. Li, X.P., Gilmore, A.M., Bassi, S., Golan, T., Kramer, D., Niyogi, K.K., 2004, Regulation of photosynthic light harvesting involves intratylacoid lumen pH sensing, by the PsbS protein. J. Biol. Chem. 279, 22866 – 22874.
284. Li, F., Lei, H., Zhao, X.,Tian, R., Li, T., 2012, Characterization of Three Sorbitol Transporter Genes in Micropropagated Apple Plants Grown under Drought Stress Plant Mol. Biol. Rep., 30,123 – 130.
285. Lin, C.Y., ş.a., 1984, Acquisition of Thermotolerance in Soybean Seedlings. Plant Physiology, 74, 152 – 160.
286. Lin, H. K., Lo, H. F., Lee, S. P., Kuo, G.C., Chen, J. T., Yeh, W. L., 2006, RAPD markers for the identifi cation of yield traits in tomatoes under heat stress via bulked segregant analysis . Hereditas, 143, 142 – 154.
287. Lin, T.Y., ş.a., 1996, Phaseolus acutifolius A. Gray is More Heat Tolerant than P. vulgaris L. in the Absence of Water Stress. Crop Sci. 36, 110 – 114.
288. Lisar, S.Y., Motafakkerazad, R., Hosain, M.M., Rahman, M.M., 2012, Water Stress in Plants: Cause, Effects and Responses. În Water Stress Rahman, I.M., Hasegawa, H edit. InTech, Croaţia.
289. Liu, G., ş.a., 2006, VfCPK1, a gene encoding calcium-dependent protein kinase frim Vicia faba is induced by drought and abscisic acid. Plant Cell Environment,vol. 29, nr. 11, 2091 – 2099.
290. Liu, H.P., ş.a., 2003, Calmodulin is Involved in Heat Shock Protein Signal Transduction in Wheat. Plant Physiology, 132, 1186 – 1195.

291. Liu, H.P., ş.a., 2004, Relationship between osmotic stress and the level of free, conjugated and bound polyamines in leaves of weath seedlings. Plant Science, vol. 166, nr. 5, 1261 – 1267.
292. Liu, J., Shono, M., 1999, Characterization of mitochondria-located small heat shock protein from tomato (Lycopersicon esculentum). Plant and Cell Physiology, 40, 1297-1304.
293. Liu, J., Shono, M., 2001, Transcription of genes of small heat shock protein in anther of tomato. Acta Hortic. Sin. 28, 403 - 408.
294. Lobato, A.K.S., Silveira, J.A.G., Costa, R.C.L., Neto, C.F., 3013, Tolerance to Drought in Leguminous Plants Mediated by Rhizobium and Bradyrhizobium. În Responses of Organisms to Water Stress. Akinci, S. Edit. Rjeka, Croaţia.
295. Lobell, D.B., Asner, G.P., 2003, Climate and mamagement contributions to recent trnds În US agriculture yields. Science, 271, 1032.
296. Locy, R.D. ş.a., 2000, The Regulation of GABA Accumulation by Heat Stress in Arabidopsis. În Plant Tolerance to Abiotic Stress in Agriculture: Role of Genetic Engineering. Cherry, J.H., Locy, R.D., Rychter, A. edit., NATO Science SeriesHigh Technology vol. 83.Kluwer Academic Publishers Dordrecht, Boston, London 39 - 52.
297. Loewus, F.A., Dickinson, D.B., 1982, Cyclitols. În Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, Springer Verlag, Berlin, vol. 13 A, 193 – 216.
298. Lopes, C., Castro, R., 1992, Atti del IV Symp. Int. de Fisiologie delle vite. Tprino, 319 – 332.
299. Lopez, G., Behboudian, M.H., Girona, G., Marsal, J., 2010, Drought in Decidous Fruit Threes: Implications for Yield and Fruit Quality. În Plant Responses to Drought Stress. Aroca, R. edit. Springer, Heidelberg, New York, Dordrecht, London.
300. Lotze-Campen, H., 2011, Climate Change, Population Growth, and Crop Production: An Overview. În Yadav, S, Redden, R., Hatfield, J.L., Lotze-Campen, H., Hall, A.E., 2011, Crop Adaptation to Climate Change. Wiley-Blackwell.
301. Lu, Y.T., ş.a., 1995, Characterization of cDNA Encoding a Novel Heat-Shock Protein That Binds to Calmodulin. Plant Physiology, 108, 1197 – 1201.
302. Luan, S., 2011, Coding and Decoding of Calcium Signals in Plants, Springer
303. Luis Alfonso del Río, L.A., Puppo, A., 2009, Reactive Oxygen Species in Plant Signaling. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
304. Lushchak, V., Semchyshyn, H.M., 2012, Oxidative Stress – Molecular Mechanisms and Biological Effects. Rijeka, Croaţia.
305. Lvovitch., M. I.1968, Le bilan hydrique du globe tcrrestre, Annales de Geograrphie. 401 – 414.

306. Macedo, A.F., 2012, Abiotic Stress Responses în Plants: Metabolism to Productivity. În Abiotic Stress Responses in Plants. Ahmad şi Prasad, edit. Springer, New York, Dordrecht, Heidelberg, London.
307. MacRobbie, E.A.C., 1998, Signal transduction and ion channels in guard cells. Phil. Trans. Roy. Soc. London 1374: 1475 - 1488.
308. Madhavaro, K.V., Raghavendra, A.S., Janardhanredz, K., Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer Verlag, Berlin Heidelberg.
309. Madlung, A., Comai, L., 2004, The Effect of Stress on Genome Regulation and Structure. Annals of Botany, vol. 94, nr. 4, 481 – 513.
310. Maftei, C., Bărbulescu, A., 2008, Statistical Analysis of Climate Evolution in Dobrodja Region. Proceedings of WCE, London.
311. Maggio, A. ş.a., 2006, Osmogenetics: Aristotle to Arabidopsis. The Plant Cell, 18, 1542 – 1557.
312. Mahmood, T., Safdar, W., Abbasi, B.H., Naqvi, S.M.S., 2010, An overwiev on the small heat shock proteins. African Journal of Biotechnology, 9, 927 – 949.
313. Mahouachi, J., 2009, Changes in nutrient concentrations and leaf gas exchange parameters in banana plantlets under gradual soil moisture depletion. Sci Hort., 120, 460–466.
314. Malik, A., 2008, Cause of Climate Change.Rajat Publications New Delhi.
315. Mancuso, S., Shabala, S., 2010, Waterlogging Signalling and Tolerance in Plants. Speinger Verlag, Berlin, Heidelberg.
316. Marcotte, W.R.J., Bayley, C.C., Quatrano, R.S., 1988, Reguletion of a weath promoter by abscisic acid in rice protoplast. Nature, 335, 454 – 457.
317. Maroco, J.P., ş.a., 2000, 6th Int. Symp. Grapevine Physiology and Biochemistry, Heraklion, 67.
318. Martin, B.J., Thorstenson, Y.R., (1988). Stable carbon isotope composition (313C), water use efficiency and biomass productivity of *Lycopersicon esculentum, Lycopersicon pennellii* and the F! hybrid. Plant Physiology, 88, 218-223.
319. Matthews, M.A., Boyer, J.S., 1984, Acclimation of Photosynthesis to Low Leaf Water Potentials. Plant Physiology, 74, 161 – 166.
320. Mattila-Velasquez, M.A., Matilla, A.J., 2012, Role of H_2O_2 as Signaling Molecule in Plants. În Environmental Adaptations and Stress Tolerance of Plants in the Era of Climate Change. Parvaiz, A., M.N.V. Prasad, M.N.V., edit. Springer Verlag.
321. Maurel, C., Chrispeels, M.J., 2001, Aquaporins. A Molecular Entry into Plant Water Relations. Plant Physiology, 125, 135 – 138.
322. McCain, D.C., Croxdale, J., Markley, J.L., 1999, Thermal damage to chloroplast envelope membranes. Plant Physiology, 90, 606 – 609.

323. McCue, K.F., Hanson, A.D., 1990, Drought and salt tolerance: Towards understanding and application. Trends Biotechnol. 8, 358 – 362.
324. McQueen-Mason, S.J., Cosgrove, D.J., 1995, Expansin Mode of Action on Cell Walls. Plant Physiol, 107, 87 – 100.
325. McNeil, S.D., Nuccio, M.L., Ziemak, M.J., Hanson, A.D., 2001, Enhanced synthesis of choline and glycine betaine in transgenic tobacco plants that overexpress phosphoethanolamine Nmethyltransferase. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 98, 10001-10005.
326. Menéndez, A.B., Rodriguez, A.A., Maiale, S.J., Rodriguez, K.M., Jimenez, B.J.F., Ruiz, O.A., 2013, Polyamines Contribution to the Improvement of Crop Plants Tolerance to Abiotic Stress. În Crop Improvement în Adverse Conditions.Tuteja, N., Gill, S.S. edit. Springer, New Delhi.
327. Menzel, C.M., 1985, Tuberization in potato at high temperatures: Interaction between temperature and irradiance. Annals of Botany 55, 35 – 39.
328. Merewitz, E., Huangl, B., 2007, Biotechnology in Plant Tolerance to Heat and Drought Stress. În Plant Stress and Biotechnology, Thangaguray, D., Tang, W., Song, S.Q., edit. Oxford Book Comp., Jaipur, India.
329. Merlot, S., Giraudat, J., 1997, Genetic Analysis of Abscisic Acid Signal Transduction. Plant Physiology, 114, 751 – 757.
330. Meshi, T., ş.a., 1998, Conseved Ser residues in the Basic region of the bZIP-type transcription factor HBP-1a(17): importance in DNA binding and possible targets for phosphorylations. Plant Mol. Biol. 36, 125 – 136.
331. Michiels, J., 1994, Effects of Temperature Stress on Bean-Nodulating Rhizobium Strains. Appl Environ Microbiol.,vol. 60, nr. 4, 1206-1212.iption Factors Function as Hydrogen Peroxide Sensors in Plants. Annals of Botany, vol. 98, nr. 2, 279 – 297.
332. Mihalache L. şi colab., 1989 – Influenţa irigaţiei asupra plantaţiilor de viţă de vie cultivate cu soiuri pentru struguri de vin, în condiţiile de secetă ale anilor 1986 şi 1987, Anale ICVV, vol.XII, p. 165 – 180.
333. Milankovitch, M., 1930, Mathematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen, Handbuch der Klimalogie Band 1 Teil A Borntrager Berlin.
334. Miller, G., Mittler, R., 2006, Could Heat Shock Transcription Factors Function as Hydrogen Peroxide Sensor in Plants? Annals Botany, 98, (2), 279 – 288.
335. Ministerul Mediului, 2005, Romania's Third National Communication on Climate Change under the United Nations Framework Convention on Climate Change, Bucureşti.
336. Mishra, S.K., ş.a., 2002, In the complex family of heat transcription factors, AsfA1 has a unique rol as master regulator of thermotolerance in tomato. Research Paper. Biocenter of the Gothe Univ. Frankfurt, vol. 16, nr. 12, 1555 – 1567.

337. Moghaieb, R.E.A., Tanaka, N., Saneoka, H., Hussein, H.A., Yousef, S.S., Ewada, M.A.F., Aly, M.A.M., Fujita, K., 2000, Expression of betaine aldehyde dehydrogenase gene in transgenic tomato hairy roots leads to the accumulation of glycine betaine and contributes to the maintenance of the osmotic potential under salt stress. Soil Science and Plant Nutrition, 46, 873-883.
338. Molinari, H.B.C., Marur, C.J., Kobayashi, A.K., Pileggi, M., Júnior, R.P.L., Pereira, L.F.P., Vieira, L.G.E., 2004, Osmotic adjustment in transgenic citrus root stock Carrizo citrange (*Citrus sinensis* Osb. x *Poncirus trifoliata* L. Raf.) overproducing proline. Plant Science,167,1375-81.
339. Monod, J., Changeux, J.P., Jacob, F., 1964, Allosteric proteins and cellular control systems. J. Mol. Biol., 12, 88 - 118.
340. Monterroso, V.A., Wien, H.C., 1990, Flower and pod abscission due to heat stress in beans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115, 631-634.
341. Moutinho-Pereira, J.M., Magalhães, N., Gonçalves, B., Bacelar, E., Brito, M., Correia, C., 2007 Gas exchange and water relations of three Vitis vinifera L. cultivars growing under Mediterranean climate. Photosynthetica, 45,(2), 202–207.
342. Mooney, H.A., Winner, W.E., Pell, E.J., 1991, Response of Plants to Multiple Stresses. Academic Press, San Diego.
343. Moorby, J., Miltrope, T.L., 1978, În Crop Physiology. Evans edit. Cambridge.
344. Moran, J.F., ş.a., 1994, Drought induces oxidative stress in pea plants. Planta, 194, 346 – 352.
345. Morell, A.M., ş.a., 1997, Expression of Heat Shock Proteins in Dormant Buds of Grape (Vitis vinifera L.). Am. J. Enol. Vitic. 48, 465 – 470.
346. Morgan, P.W., Drew, M.C., 1997, Ethylene and plant responses to stress. Physiologia plantarum, 1000, 620 – 630.
347. Mori, K., Hashizume, K., 2007, Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. Journal of Exp. Botany, vol. 58, nr. 8, 1935 – 1945.
348. Mouhouche, B., Ruget, F., Delecolle, R., 1998, Effects of water stress applied at different phonological phases on zield components of dwarf bean. Agronomie, 18, 197 - 205.
349. Mpelasoka, B.S., Behboudian, M.H., Dixon, J., Neal, S.M., Caspari, H.W., 2000, Improvement of fruit quality and storage potential of Braeburn apple through deficit irrigation. Journal of Hortic. Science and Biotechnology, 75, 615 – 621.
350. Munnik, T., 2010, Lipid Signaling in Plants. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.

351. Murata, N., Mohanty, P.S., Hayashi, H., Papagiorgiou, G.C., 1992, Glycinbetaine stabilizes the association of extrinsic proteins with the photosynthetic oxygen-elvolving complex. FEBS Lett. 296, 187 – 189.
352. Nafees A. Khan, N.A., Nazar, R., Iqbal, N., Naser A. Anjum, N.A., 2012, Phytohormones and Abiotic Stress Tolerance in Plants. Springer Verlag.
353. Nagesh Babu, R., and Devaraj, V., 2008, High temperature and salt stress response in French bean (Phaseolus vulgaris). Australian Journal of Crop Science 2(2), 40-48.
354. Natali, S., ş.a., 1989,Riv. Ortoflorofrutticola Italiana, 67, 329 – 341.
355. Navari-Izzo, F., Rascio, N., 1999, Plant response to Water Deficit Condition. În Handbook of Plant and Crop Stress. Pessarakli M. edit. Marcel Dekker, New York, Basel.
356. Navari-Izzo, F., ş.a., 1993, Metabolic changes in wheat plants subjected to a water-deficit stress programe. Plant Science, vol. 92, nr. 2, 151 – 157.
357. Neumann, D., Emmermann, M., Thierfelder, J.M., Nieden, U., Clericus, M., 1993, HSP68-a DnaK-like heat-stress protein of plant mitochondria. Planta 190, 32-43.
358. Neumann, P., 1995, The role of cell wall adjustment in plant resistance towater deficits. Crop Science, 35, 1258 – 1266.
359. Ney, B., ş.a., 1994, Phenological Response of Pea to Water Stress during Reproductive Development. Crop. Sci. 34, 141 – 146.
360. Ng, C.K.Y., Mcainsh, M.R., 2003, Encoding Specificity in Plant Calcium Signalling: Hot-spotting the Ups and Downs and Waves. Annals of Botany, 92, 477 – 485.
361. Nicolescu, M., şi colab., 2008, Particularităţi ale sistemului de agricultură durabilă din Oltenia, Editura SITECH, Craiova,
362. Nictor, G., Veljovic-Jovanovic, S., Driscoll, S., Novitskaya, L., Foyer, C., 2002, Drought and oxidative load in the leaves of C3 plants: A predominant role for photorespiration? Annals of Botany, 89, 841-850.
363. Nieva, C., ş.a., 2000, Plant AP2/ERBP and bZIP transcription factors: structure and function. În Plant Tolerance to Abiotic Stress in Agriculture: Role of Genetic Engineering. Cherry, J.H., Locy, R.D., Rychter, A. edit., NATO Science Series High Technology vol. 83. Kluwer Academic Publishers Dordrecht, Boston, London 157 – 180.
364. North, G.B., Nobel, P.S., 1991, Changes in hydraulic conductivity and anatomy caused by drying and rewetting roots of Agave deserti (Agavaceace). Am. J. Bot. 78, 906–915.
365. Nover, L., Schaft, K.D., 1997, Heat stress proteins and transcription factors. Cell Mol. Life Sci. 53, 80 – 103.
366. Nover, L., Baniwal, S.K., 2006, Multiplicity of heat stress transcription factors controlling the heat stress response of plants. În International Symposium on Environmental Factors. Cellular Stress and Evolution, Varanasi, India 15.

367. Nyeki, J. ş.a., 2002, Nectar production, honeybee visitation and fruit set peach flowers. Acta Hortic. 592, 537 – 541.
368. Ojeda, H., Deloire, A., Carbonneau, A., 2001, Influence of water deficits on grape berry growth. Vitis, 40, 141 – 145.
369. Okamoto, G., Kuwamura, T., Hirano, K., 2004, Effects of water deficit stres son leaf and berry ripening in Chardonnay grapevine. Vitis, vol. 43, nr. 1, 15 – 17.
370. Oldfield, F., 2005, Environmental Change. Cambridge Univ. Press.
371. Omasa, K., Nouchi, I., De Kok L.J., 2005, Plant Responses to Air Pollution and Global Change. Springer-Verlag, Tokyo, Berlin, Heidelberg, New York.
372. Osakabe, Y., ş.a., 2005, Leucine-rich repeat receptor-like kinase1 is a key membrane bound regulator of abscisic acid early signaling in Arabidopsis. Plant Cell, 17, 1105 – 1119.
373. Osakabe, Z., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K., Tran, L.P., 2013, Sensing the environment: key roles of membrane-localized kinases in plant perception and response to abiotic stress. Journal of Experimental Botany, Vol. 64, No. 2, pp. 445–458,
374. Osborn, D.J., McManus, M.T., 2005, Hormones, Signals and Target Cells in Plant Development. Cambridge Univ. Press.
375. Page, E.A., 2006, Climate Change, Justice and Future Generation. Edward Elgar Publishing Limited, Nordhampton.
376. Păltineanu C., Mihăilescu, I.F., Dragotă, C., Vasenciuc, F., Prefac, Z., Popescu, M., 2005, Corelaţia dintre indicele de ariditate şi deficitul de apă climatic şi repartiţia geografică a acestora în România. Analele Universităţii Spiru Haret, Seria Geografie, nr.8, 23 – 28.
377. Pareek, A., Sopory, S.K., Bohnert, H.J., 2010, Abiotic Stress Adaptation in Plants. Springer Science, Dordrecht.
378. Park, J.A., Cho S.K., Kim J.E., Chung H.S., Hong J.P., Hwang B., Hong C.B., Kim W.T., 2003, Isolation of cDNAs differentialli expressed in response to drought stress and characterization of the Ca-LEAL1 gene encoding a new family of atypical LEA-like protein homologue in hot pepper. Plant Science, vol. 165, nr. 3, 471 – 481.
379. Park, B.J., Liu, Z.C., Kanno, A., Kameya, T., 2005, Increased tolerance to salt- and water deficit stress in transgenic lettuce (Lactuca sativa L.) by constitutive expression of LEA. Plant Growth Regulation, 45,165–171.
380. Park, S.Y., Fung, P., Nishimura, N., Jensen, D.,R., Fujii, H.,Zhao,Y., Lumba, S., Santiago, J., Rodrigues, A., Chow, T.,F., Alfred, S.,E. Bonetta, D., 2009, Abscisic acid Inhibits type 2C protein phosphatases via the PYR/PYL family of START proteins. Science, 324, 1068 –1071.
381. Parry, M.I., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M., Fischer, G., 2004, Effects of climate change on global food production under SRES

emission and socio-economic scenarios. Global Environmental Change, 14, 53 – 67.
382. Parsell, D.A., Lindquist, S., 1994, Heat shock proteins and stress tolerance. În The Biology og Heat Shock Proteins and Molecular Chaperons. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York, 457 – 494.
383. Parvaiz Ahmad, P.,Prasad, M.N.V., 2012, Environmental Adaptations and Stress Tolerance of Plants in the Era of Climate Change. Springer Verlag.
384. Patakas, A., Noitsakis, B., 2001. Leaf age effects on solute accumulation in water stressed grapevines. Journal of Plant Physiology 158, 63-69.
385. Perez-Pastor, A., Ruiz-Sanchez, M.C., Martinez, J.A., Nortes, P.A., Artes, F., Domingo, R., 2007, Effect of deficit irrigation on apricot fruit quality at harvest and during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture,87, 2409 – 2415.
386. Perry, S.W., ş.a., 1983, Photosynthetic Rate Control in Cotton: Photorespiration. Plant Physiology, 73, 662 – 665.
387. Pessarakli, M., 1999, Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc. New York, Basel.
388. Peterlunger, E., ş.a., 2000, Physiological Changes in grapevine during ajustement to water stress: ABA, leaf gas exchanges and root hydraulic conductivity.Acta Horticulturae, 526, 201 – 207.
389. Peterlunger, P., 1994, Giornate Scientifiche SOI, 361 – 362.
390. Pfannschmidt, T., 2009, Plant Signal Transduction. Humana Press.
391. Pfister C., 1988 – Variations in the spring-summer climate of central Europe from the High Middle Ages to 1850, H. Wanner and Siegenthaler (Eds.), Long and Short Term Variability of Climate (pp.57-82).Berlin: Springer- Verlag
392. Philander, S.G., 2008, Encyclopedia of Global Warming and Climate Change. SAGE Publishing Inc. London.
393. Pileggi, M., Pereira, A.A.M., Silva, J.D., Pileggi, S.A.V., Verma, D.P.S., 2001, An improved method for transformation of lettuce by Agrobacterium tumefaciens with a gene that confers freezing resistance. Brazilian Arch. Biol. and Tech. 44:191–196
394. Pinnola, M., 2011, Land-use adaptation to climate change in the world's large river basins. Univ. Utrecht.
395. Pittock, A.B., 2009, Climate Change. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.
396. Pîrcălabu Liliana, Şerdinescu A., 2004 – Cercetări privind utilizarea irigării subterane şi a irigării prin picurare (prin conducte T-TAPE) în vederea combaterii stresului hidric la vița de vie, Anale ICDVV, vol.XVII, p. 203-209.
397. Ploae P., 1994 - Cercetări privind regimul de irigare la vița de vie cultivată pe solurile nisipoase cu aport freatic din sistemul hidroameliorativ Sadova-Corabia. Lucrări ştiinţifice SCCCPN Dăbuleni, vol.VIII, p.215-224.

398. Ploae P., 1997 - Contribuții la stabilirea parametrilor tehnici de irigație localizată în condițiile nisipurilor din sudul Olteniei. Teză de doctorat, Universitatea Tehnică "Gh. Asachi", Iași.
399. Plodowska, J.W., Jougebloed, J., Van de Sanden, A., Struik, P.C., 1989, Effects of a short period of drought on changes in tuber volume and specific leaf weight. I Long term changes. Potato Research, 32, 245 – 253.
400. Pommerrenig, B, Papini-Terzi, F.S., Sauer, N., 2007, Differential regulation of sorbitol and sucrose loading into the phloem of Plantago major in response to salt stress. Plant Physiol 144: 1029–1038.
401. Popa Cr., Baciu M., 1977 – Stabilirea duratei optime de revenire a udărilor la soiul Afuz-Ali în podgoria Murfatlar, Anale ICVV, vol. VIII, p. 337-350.
402. Popa V., Barbu I., 1975- Observații asupra reacției unor soiuri de viță de vie la secetă în centrul viticol Pietroasa, Anale ICVV, vol. VI, p. 107-124.
403. Popa, V, Borza, I., 2006, Identification studies and characterization of areas vulnerable to desertification in the western part of Romania. Buletin USAMVB, 65.
404. Popa, V., Borza, I. 2007, The analysis of multiannual variation on temperature and precipitation related to the desertification risk in the Banat plain. Buletin USAMVB, vol. 63, 231 – 237.
405. Prasad, P.V.V., Boote, K.J., Allen, L.H., Thomas, J.M.G., 2002, Effects of elevated temperature and carbon dioxide on seed-set and yield of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.).Global Change Biol. 8,710-721.
406. Prasad, P.V.V., Staggenbors, S.A., Ristic, Z, 1998, Impacts of Drought and/or Heat Stres on Physiological, Developmental, Growth and Yield Processes of Crop Plants. Advances in Agricultural Systems, Madison, SUA.
407. Prabhavathi,V., Yadav, J.S., Kumar, P.A., Rajam, M.V., 2002, Abiotic stress tolerance in transgenic eggplant (Solanum melongena L.) by introduction of bacterial mannitol phosphodehydrogenase gene. Mol. Breed. 9,137–147.
408. Proebsting, E.L., Middleton, J.E., 1980), The behaviour of peach and pear trees under extreme drought stress. J. Am. Soc. Hort. Sci., 105, 380 – 385.
409. Pruvot, G., ș.a., 1996, Characterization of a novel drought-induced 34-kDa protein located in the thylakoids of Solanum tuberosum L. plants. Planta, 1989, 471 – 479.
410. Pulupol, L.U., ș.a., 1996, Growth, Zield and Postharwest attributes of Glasshouse Tomatoes Produced under Defficit Irrigation. Hort. Sci. 31, 926 – 929.
411. Quick, W.P., Chaves, M.M., Wendler, R., Rodrigues, D.M., Passaharinho, M.L., Peirera, J.S., Adcock, M.D., Leegood, R.C., Stitt, M., 1992, The effect of water stress on photosynthetic carbon metabolism in four species grown under field condition. Plant Cell and Environment, 15, 25 – 35.

412. Quin, X., Zeevaart, J.A., 1999, The 9-cis-epoxycarotenoid cleavage reaction is the key regulatory step of abscisic acid biosynthesis in water stressed bean. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 96, 15354 – 15361.
413. Rabinowitch, H.D., Sklan, D.,1981, Superoxide dismutase activity in ripening cucumber and pepper fruits. Physiol. Plant. 52: 380-384.
414. Rabinowitch, H.D., Ben David, B., Friedmann, M., 1986, Light is essential for sunscald induction in cucumber and pepper fruits, whereas heat conditioning provides protection. Scientia Hortic. 29, 21-30.
415. Rai, A.K., Takabe, T, 2006, Abiotic Stress Tolerance in Plants, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
416. Rainey, K.M., Griffiths, P.D., 2005, Differential Responses of Common Bean Genotypes to High Temperature. J. Ammer. Soc. Hort. Sci. 130, 7 – 139.
417. Raghavendra, A.S., Gonugunta, V.K., Christmann, A., Grill, E., 2010, ABA perception and signaling. Trends in Plant Science, 15, 395 – 401.
418. Rao, K.V.M., Raghavendra, A.S., Reddy, K.J., 2006, Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer, Dordrecht.
419. Rathinasabapathi, B., 2000, Progress and perspects in engineering crops for osmoprotectants synthesys. În Plant Tolerance to Abiotic Stress in Agriculture: Role of Genetic Engineering. Cherry, J.H., Locy, R.D., Rychter, A. edit., NATO Science Series High Technology vol. 83. Kluwer Academic Publishers Dordrecht, Boston, London 139 – 154.
420. Rădoi, I. 2009, Rolul adîncimii de plantare în prevenirea, limitatrea şi combaterea secetei la vița de vie în zonele cu soluri nisipoase din sudul Olteniei. Lucrările Simpozionului Mediul şi Agricultura în regiunile aride. Editura Estfalia, București.
421. Reddy, A.R. ş.a., 2004, Drought-induced responses of fotosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology, vol. 161, nr. 11, 1189 – 1202.
422. Regina, M., Carboneau, A., 1995, Fotorespiracao am *Vitis vinifera* for dois metodos basendos em medias de trocas gasosas. R.. Bras. de Fisiol. Veg. vol. 7, nr. 2, 159 – 164.
423. Reidel, E.J.,Rennie, E.A., Amiard, V., Cheng, L., Turgeon, R., 2009, Phloem Loading Strategies in Three Plant Species That Transport Sugar Alcohols. Plant Physiology, 149, 1601 – 1608.
424. Rey, P., ş.a., 1998, A novel thioredoxin-like protein located in the chloroplast is induced by water deficit în *Solanum tuberosum* plants. The Plant Journal, vol. 13, nr. 1, 97 – 107.
425. Reynolds, M.P., Ewing, E.E., 1986, Screening accessions from the IR-1 potato collection for heat tolerance. American Potato Journal 63, 451 – 451.
426. Richards, R.A., Passioura, J.B., 1981, Seminal root morphology and water use of wheat. H. Genetie variation. Crop Sei 21, 253.

427. Rickey, T.M., Belknap, W.R., 1991, Comparison of the expression of several stress-responsive genes in potato tubers. Journal Plant Molecular Biology, vol. 16, nr. 6, 1009 – 1018.
428. Rio, A., Pupo, A., 2009, Reactive Oxygen Species in Plant Signaling, Springer Verlag.
429. Ritenour, M.A., Kochhar, S., Schrader, L.E., Hsu, T.P., Ku, M.S.B., 2001, Characterization of Heat Shock Protein Expression in Apple Peel under Field and Laboratory Conditions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126, 564 – 570.
430. Rivero, R.M., 2001, Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. Plant Science, vol. 160, nr. 2, 315 – 321.
431. Rizhsky, L., Liang, H., Mittler, R., 2002, The Combined Effect of Drought Stress and Heat Shock on Gene Expression in Tabaco. Plant Physiology, vol. 130, 1143 – 1151.
432. Rock, C.D., 2000, Pathways to ABA-regulated gene expression. New Phytol. 148, 357 – 396.
433. Rorat, T., 2006, Plant dehydrins — Tissue location, structure and function. Cellular and Molecular Biology Letters, 11, 536 – 556.
434. Rout, G.R., Das, A.B., 2013, Molecular Stress Physiology of Plants. Springer, India.
435. Ruiz-Sanchez, M.C., ş.a., 2000, Water stress preconditioning to improve drought resistance in young apricot plants. Plant Science, vol. 156, nr. 2, 245 – 251.
436. Rylski, I., Spigelman, M., 1982, Effect of different diurnaltemperature combinations on fruit set of sweet pepper. Scientia Horticulturae, 17, 101 – 106.
437. Saab, I.N., Sharp, R.E., Pritchard, J., 1990, Increased endogenous abscisic acid maintains primary root growth and inhibits shoot growth of maize seedlings at low water potentials. Plant Physiol. 93, 1329 – 1336.
438. Sadler, E.M., 1961, Factors influencing the development of sprouts on the potato. PhD thesis, University of Nottingham, UK., 109 p.
439. Sage, R.F., Kubien, D.S., 2007, The temperature response of C3 and C4 photosynthesis. Plant, Cell and Environment 30, 1086 – 1107.
440. Sahu, G.K., 2013, Salycilic Acid: Role in Plant Physiology and Stress Tolerance. În Molecular Stress Physiology of Plants. Rout, G.R., Das, A.B., edit., Springer, India.
441. Sakamoto, A., ş.a., 2000, Genetic Engineering of Biosynthesiy of Glicinbetaine Enhances Tolerance to Various Stress. În Plant Tolerance to Abiotic Stress in Agriculture: Role of Genetic Engineering. Cherry, J.H., Locy, R.D., Rychter, A. edit., NATO Science Series High Technology vol. 83.Kluwer Academic Publishers Dordrecht, Boston, London 95 – 104
442. Sarkar, D., 2008, The signal transduction pathways controlling in planta tuberization in potato: an emerging synthesis. Plant Cell Rep. 27, 1–8.

443. Sales, K., Brandt,W., Rumbak, E., Lindsey, G., 2000, The LEA '-like protein HSP 12 in *Saccharomyces cerevisiae* has a plasma membrane location and protects membranes against desiccation and ethanol-included stress. Biochim.Biophys.Acta 1463, 267 – 278.
444. Salisbury, F.B., Ross, C.W., 1991, Plant Physiology. Belmont, California.
445. Sanchez, F.J., Manzanares, M., de Andres, E.F., 1998, Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and praline accumulation in 49 cultivars in response to water stress. Field Crop Research, vol. 59, nr. 3, 225 – 235.
446. Sanchez, F.J. ș.a., 2004, Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants subjected to water stress. Field Crop Research vol. 86, nr. 1, 81 – 90.
447. Sanchez-Rodriguez, E, Moreno, D.A., Ferreres, F., Rubio-Wilhelm, M.M., Ruiz, J.M., 2011, Differential responses of five cherry tomato varieties to water stress: Changes on phenolic metabolites and related enzymes. Phytochemistry, 72, 723 – 729.
448. Sandu, I., 2009, Evoluția climatului din România. ANM, București.
449. Sanita di Topi, L., Pawlik-Skowronska, B., 2003, Abiotic Stresses in Plants. Springer Science, Dordrecht.
450. Santarius, K.A., 1973, The protective effect on sugars on chloroplast membranes during temperature and water stress and its relationship to frost, dessication and heat resistance. Planta, 113, 105 – 114.
451. Santarius, K.A., 1980, Membrane lipids in heat injury of spinach chloroplasts. Physiol. Plant. 49, 1 – 6.
452. Sarchey, T.D., 1988, Estimating the rate of photorespiration in leaves. Physiologia Plantarum 73, 147 – 153.
453. Sarquis, J.I., Gonzalez, H., Bernal-Lugo, I. 1996, Response of two potato clones (*Solanum tuberosum* L.) to contrasting temperature regimes in the field. American Journal of Potato Research, 73, 285 – 300.
454. Sato, S., Peet, M.M., Thomas, J. F., 2000, Physiological factors limit fruit set of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under chronic, mild heat stress. *Plant Cell Environ.* 23,719 - 726.
455. Schafleitner, R., Ramirez, J.,Jarvis, A., Evers, D.,Gutierrez, R., Scurrah, M., 2011, Adaptation of the Potato Crop to Changing Climates. În Crop Adaptation to Climate Change, Yadav, M. edit. Wiley and Blackwel.
456. Schapendonk, A.H.C.M., Spitters, C.J.T., Groot, P., 1989, Effects of water stress on photosynthesis and chlorophxll fluorescence of five potato cultivars. J. Potato Research, 32, 17 – 32.
457. Scheel, D., Wasternack, C., 2003, Plant Signal Transduction. Oxford University Press.
458. Schimer, E.C., Glover, J.R., Singer, M.A., Lindquist, S., 1996, HSP100&Clp proteins a common mechanism explains diverse functions. Trends Bichem. Sci. 21, 289 / 296.

459. Schlesinger, M.J., Ashburner, M., Tissieres, A. (1982), Heat Shock, from Bacteria to Man. Cold Springer Harbor Laboratorx Press.
460. Schoffl, F., Pradl, R., Reindl, A., 1998, Regulation of heat shock response. Plant Physiol. 117, 1135 – 1141.
461. Schroeder, J.I., Hagiwara, S., 1990, Repetitive increases in cytoslic Ca2+ of guard cells by abscisic acid activation of non-selective Ca2+-permeable channels. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 87, 9305-9309.
462. Scienza, A., Duering, H., 1980, Nitrogen supply and water relations in grapevines. Vitis, 19, 301 – 307.
463. Seki, M., Narusaka, M., Ishida, J., Nanjo, T., Fujita, M., Oono, Y., Kamiya, A., Nakajima, M., Enju, A., Sakurai, T., Satou, M., Akiyama, K., Taji, T., Yamaguchi-Shinozaki, K., Carninci, P.,Wakasa, J.,Hayashizaki, H., Shinozaki, K., 2002, Monitoring the expression profiles of 7000 Arabidopsis genes under drought, cold and highsalinity stresses using a full-length cDNA microarray. Plant J., 31, 279–292.
464. Seki, M., Kamel, A., Zamaguchi-Sinozaki, K., Shinozaki, K., 2003, Molecular responses to drought, salinity and frost: common and different paths for plant protection. Curr. Opinion Biotechnol. 14, 194 – 199.
465. Seyed, Y.S., Motafakkerazad, R., Hosain, M.M., Rahman, I.M.M., 2011, Water stress plants: Causes, Effects and Responses. În Water stress Rahman, I.M., Hasegawa, H.. edit. InTech, Croația.
466. Shabala, S., 2012, Plant Stress Physiology. CABI, Wallingford, UK.
467. Shanker, A.K., Venkateswarlu, B., 2012, Abiotic stress response in plants – physiological, biochemical and genetic perspectives. Intechweb Org. Rijeka, Croatia.
468. Sharkar, D. Sharma, S., 2010, Oxidatibe Burst-mediated ROS Signaling Pathways Regulating Tuberisation in Plants. În Reactive Oxigen Species and Antioxidants in Higher Plants. Gupta, D., edit. Science Publishers.
469. Sharkey, T.D., 1988, Estimating the rate of fotorespiration in leaves. Physiol. Plant., 73, 147 – 152.
470. Sharma, P., Jha, A.B., Dubey, R.S., Passarakli, M., 2012, Reactive Oxigen Species, Oxidative Damage and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions. 2012, 26 pag.
471. Shih, M., Folkert, A., Hoekstra, F.A., Hsing, Y.C., 2008, Late Embryogenesis Abundant Proteins. Advances in Botanical Research, Elsevier Ltd., Vol. 48, 211 – 256.
472. Shimishi, D., Susnoschi, M., 1985, Growth and yield studies of potato development in semi-arid region. Potato Research, vol. 28, nr. 2, 177 – 191.
473. Shing, N.K., ș.a., 1987, A Thaumatin-Like Protein Associated with Osmotic Adaptation in Plant Cells. Plant Physiology, 85, 529 – 536.
474. Shinozaki, K., Yamaguchi – Shinozaki, K., 1996, Molecular responses to drought and cold stress. Curr. Opin. Biotechnol. 7, 161 – 167.

475. Shinozaki, K., Yamaguchi – Shinozaki, K., 1999, Molecular responses to cold, drought, heat and salt stress in higer plants. R.G.-Landes Company.
476. Shinozaki, K., Yamaguchi-Shinozaki, K., 2000, Molecular responses to dehydration and low temperature: differences and cross-talk between two stress signaling pathways. Curr. Opin. Plant Biol. 3: 217–223.
477. Shinozaki, K., Yamaguchi–Shinozaki, K., Seki, M., 2003, Regulatory network of gene expression in the drought and cold stress responses. Curr. Opin. Biotechnol. 6, 410 – 417.
478. Shono, M., Liu, J., Sanmiya, K., Singh, I., Din, J., Suzuki, K., Tsukaguchi, T., Egawa, Y., 2002, Functional analysis of mitochondrial small heat shock protein. JIRCAS Working Report No.23, "Genetic Engineering of Crop Plants for Abiotic Stress" Iwanaga M, edit. 17 - 23.
479. Singh, N.K., Bracker, C.A., Paul M. Hasegawa, P.M., Avtar K. Handa, A.K., Buckel, S., Hermodson, M.A., Pfankoch, E., Regnier, F.E., Bressan, R.A., 1987, Characterization of Osmotin A Thaumatin-Like Protein Associated with Osmotic Adaptation in Plant Cells. Plant Physiol., 85, 529 - 536.
480. Sing, S., ş.a., 2005, Solution structure of a late embryogenesis abundant protein (LEA14) from Arabidopsis thaliana, a cellular stress related protein. Protein Science, 14, 2601 – 2609.
481. Slavcheva, T., 1983, Gradinarska I Lozarska Nauka, 20, 73 – 81.
482. Smith, B.N., Jones, A.R., Hansen,L.D., 1999, Growth, Respiration Rate and Efficiency Responses to Temperature. În Handbook of Plant and Crop Stress. Pessarakli, M. Edit., Marcel Dekker Inc. New York, Basel.
483. Smith, J.B., Klein, R.J.T., Huq, S., 2003, Climate Change, Adaptative Capacity and Development. Imperial College Press. London.
484. Somos, A., 1984, The Paprika. Akademiai Kiado, Budapest.
485. Spitters, C.J.T., Schapendonk, A.H.C.M., 1990, Evaluation of breeding strategies for drought tolerance in potato by means of crop growth simulation. Plant and Soil, 123, 193 – 203.
486. Spollen, W.G., Sharp, R.E., 1991, Spatial Distribution of Turgor and Root Growth at Low Water Potential. Plant Physiology, 96, 438 – 443.
487. Stanfield, B., Ormrod., D.P., Fletcher, H.F., 1966, Response of peas to environment. II. Effects of temperature in controlled envi-ronment cabinets. Can. J. Plant Sci. 46: 195–203.
488. Stankovic, B., 1996, Cellular and Molecular Mechanisms of the Plant Water Stress Response. Екол. Защт. Живот. Сред. Vol-4, nr. 1, 13 – 21.
489. Steer, B.T., 1971, The Dynamics of Leaf Growth and Photosynthetic capacity in Capsicum frutescens L. Ann. Bot. 35, 1003 – 1015.
490. Stefano Mancuso, S., Shabala, S., 2010, Waterlogging Signalling and Tolerance in Plants. Springer Verlag, Berlin Heidelberg.

491. Stewart, C.R., Boggess, S.F., 1978, Metabolism of [5-^{3}H]Proline by Barley Leaves and Its Use in Measuring the Effects of Water Stress on Proline Oxidation . Plant Physiol. 61, 654 - 657.
492. Stocker, O., 1960, Physiological and morphological changes in plants due to water deficiency. Arid Zone Research, 15, 63 – 104.
493. Storey, K.B., Storey, J.M., 2001, Protein Adaptations and Signal Transduction. Elsevier, Amsterdam, London.
494. Struik, P.C., Geertsema, J., Custers, C.H.G.M., 1989, Effects of shoot, root and stolon temperature on the development of the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant. I. Development of the haulm. Potato Research, 32, 133 – 141.
495. Struik, P.C., Geertsema, J., Custers, C.H.G.M., 1989, Effects of shoot, root and stolon temperature on the development of the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant. II. Development of stolons. Potato Reseasrch, 32, 143 – 151.
496. Struik, P.C., Geertsema, J., Custers, C.H.G.M., 2006, Effects of shoot, root and stolon temperature on the development of potato plant. Journal Potato Research,vol. 32, nr. 2, 143 – 149.
497. Struik, P.C., 2007, Responses of the Potato Plant to Temperature. În Potato Biology and Biotechnology. Advances and Perspectives. Vreugdenhil, D. edit. Elsevier, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York.
498. Subramanian, K.S., Santhanakrishanan, P., Baiasubramanian, P., 2006, Response of field grown tomato plant arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. Scientia Horticulturae, vol. 107, nr. 3, 245 – 253.
499. Sugiyama, T. ş.a., 1966, Effect of high temperature on fruit setting of tomato under cover. Acta Hortic. 4, 63 – 69.
500. Sun, A.Q, ş.a., 2006, Identification and characterization of a heat-inducible ftsH gene from tomato. Plant Science, vol. 170, nr.3, 551 – 562.
501. Suprasanna, P., 2003, Building stress tolerance through over-producing trehalose in transgenic plants. Trends Plant Sci. 8(8),355–357.
502. Susnoschi, M., Shimshi, D., 1985. Effect of water stress and amounts of nitrogen top dressing on growth of several cultivars. Potato Res. 28, 161-176.
503. Suzuki, I, Los, D.A., Kanesaki, Y., Mikami, K., Murata, M., 2000, The pathway for perception and transcription of low-temperature signal in Synecocystis. EMBO Journal, 19, (6), 1327 – 1334.
504. Şerdinescu A. et al., 2013- Technological solutions for the diminution of the disturbing effect of climatic changes in viticulture, 36th World Congress of Vine and Wine, Bucharest.
505. Takabe, T., Rai, V., Hibino, T., 2006, Metabolic engneering of glicinbetaine. În Abiotic stress tolerance in plants. Rai, A.K., Takabe, T. edit. Springer Verlag, Berlin Heidelberg.

506. Tănase, A., 2013, Cercetări privind unele modificări fiziologice și biochimice induse de stresul termohidric la cartof (*Solanum tuberosum L.*). Teză de doctorat.Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară, București.
507. Tardieu, F., Davies, W.J., 1992, Stomatal Response to Abscisic Acid Is a Function of Current Plant Water Status. Plant Physiology, 98, 540 – 545.
508. Tattini, M., Remorini, D., Pinelli, P., Agati, G., Saracini, E., Traversi, M.L., Massai, R., 2006, Morpho-anatomical, physiological and biochemical adjustments in response to root zone salinity stress and high solar radiation in two Mediterranean evergreen shrubs, *Myrtus communis* and *Pistacia lentiscus* . New Phytol., 170,779–794
509. Tax, F., Kemmerling, B., 2012, Receptor-like Kinases in Plants. From Development to Defense. Springer.
510. Thangadurai, D., Tang, W., Eong, S.Q., 2007, Plant Stress and Biotechnology. Oxford Book Company.
511. Thornton, M.K., 2002, Effect of heat and water stress on the physiology of potatoes. Presented at the Idaho Potato Conference, 23.01.2002. in Photosynthesis Research. Vol. 4, Sylesma edit. Haga.
512. Tibbitts, T.W., Cao, W., Bennett, S.M., 1992, Utilization of potatoes for life support in space. V. Evaluation of cultivars in response to continuous light and high temperature. American potato journal, 69, 229 - 37.
513. Tichá I, Catský J(1981) Photosynthetic characteristics during ontogenesis of leaves. 5. Carbon dioxide compensation concentration. Photosynthetica 15:401–428.
514. Ticha, I., Catsky, J., Peisker, M., 1980, Ontogenetic changes in the internal limitations to bean-leaf photosynthesis 6. CO_2 dependence of net photosynthetic rate. Photosynthetica, 14, 489 – 496.
515. Ticha, I., Catsky, J., Peisker, M., and Kase, M., 1984, În Advances in Photosinthesys Research. Vol. 4, Sybesma edit. Haga, Boston, Lancester.
516. Torre–Ruiz, M.A., Serrano, L., Petkova,M.I., Pujol-Carrion,N., 2012, Signalling Oxidative Stress in *Sacharomyces cerevisiae*. În Oxidative Stress – Molecular Mechanisms and Biological Effects. Lushchak, V., Semchyshyn, H.M., edit., Rijeka, Croația.
517. Torrecillas, A. ș.a., 1995, Water relations of two tomato species under water stress and recovery. Plant Science, vol. 105, nr. 2, 169 – 176.
518. Trebacz, K., Dziubinska, H., Krol, E., 2006, Electrical signals in Long-Distance Communication in plants. În Communications in Plants. Baluška, F., Mancuso, S., Volkmann, D. edit. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
519. Trewavas, A., 1999, How plants learn. Proc. Natl.Acad. Sci.USA. 96, 4216 – 4218.
520. Trewavas, A., 2003, Aspects of plant Intelligence. Annals of Botany, vol. 92, nr. 1, 1 – 20.

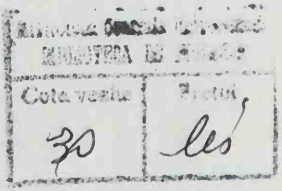
521. Trindale, I., Santos, D., Dalmay, T., 2011, Facing the Environment: Smol RNAs and the Reglation of Gene Expression under Abiotic Stress. În Abiotic Stress Response in Plants- Physiological, Biochemical and Genetic Perspectives, Shanker, A.C., Venkateswarlu, B. edit. IntechWeb. Org. Rijeka.
522. Turc, O., Ney, B., 1994, Agrophysiologie du pois proteaginaux, Paris, 171 – 178.
523. Turkan, I., 2011, Plant Response to Drought and Salinity Stress. Elsevier Ltd.
524. Tuteja, N., 2009, Integrated Calcium Signaling in Plants. În Signaling and Communication in Plants. Baluska, F., Vivanco, J. edit. Springer Verlag, Berlin Heidelberg.
525. Tuteja, N., Gill, S.S., Tiburcio, A.F., Tuteja, R., 2012, Improving Crop Resistance to Abiotic Stress. Willey – Blackwell, Weinheim, Germany.
526. Ţârdea C., Dejeu L., 1995- Viticultură, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
527. Udomprasert, N. ş.a., 1995, Effects of Root Temperatures on Leaf Gas Exchange and Growth at High Air Temperature in *Phaseolus acutifolius* and Phaseolus vulgaris. Crop Sci. 35, 490 – 495.
528. Umezawa, T., Nakashima, K., Miyakawa, T., Kuromori, T., Tanokura, M., Shinozaki, K., Yamaguchi-Shinozaki, K., 2010, Molecular Basis of the Core Regulatory Network in ABA Responses: Sensing, Signaling and Transport Plant Cell Physiol (2010) 51 (11), 1821-1839.
529. Urao, T., Yakubov, B., Yamaguchi-Shinozaki, K., Seki, M., Hirayama, T., Shinozaki, k., 1999, A transmembrane hybrid tipe histidin kinase in Arabidopsisfunction as osmosensor. The Plant Cell, 11, 1743 – 1754.
530. Vadez, V., Kholova, J., Choudhary, S., Zindy, P., Terrier, M., Krishnamurthy, L., Kumar, P.R.,Turner, N.C., 2011, Responses to Increased Moisture Stress and Extremes: Whole Plant Response to Drought under Climate Change. În Crop Adaptation to Climate Change. Yadav, M. edit. Wiley, Blackwell edit.
531. Vahdati, K., Leslie, C., 2013, Abiotic Stress – Plant Responses and Applications in Agriculture. Rjeka, Croaţia.
532. Varshney, R.K., Koebner, R.M.D., 2007, Crop Improvement. CRC Taylor and Francis, Boca Raton, London, New York.
533. Vasquez-Robinet, C., Mane, S.P., Ulanov, A.V., Watkinson, J.I., Stromberg, V.K., de Koeyer, D.D., Schafleitner, R., Willmot, D.B., Bonierbale, M., Bohnert, H.J., Grene, R., 2008, Physiological and molecular adaptations to drought in Andean potato genotypes. J Exp Bot 59: 2109–2123
534. Verma, D.P.S., 1999, Osmotic stress in plants. În Shinozaki, K., Yamaguchi – Shinozaki, K., edit. Molecular responses to cold, drought, heat and salt stress in higer plants. R.G.-Landes Company.
535. Vieira, C., 1976, Feijão. Viçosa, Impressa UFV p 129.

536. Vreugdenhil, D., 2007, Potato Biology and Biotechnology Advances and Perspectives. Elsevier.
537. Vierling, E., 1991, The roles of heat shock proteins in plants. Annu. Plant Physiol. Plant Mol. Biology. 42, 579 – 620.
538. Vinocur, B., Altman, A., 2005, Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations. Curr. Opinion in Biotechnol. 16, 123 – 132.
539. Viola, R., Roberts, A.G., Haupt, S., Gazzani, S., Hancock, R.D., Marmiroli, N., Machray, G.C., Oparka, K.J., 2001, Tuberization in potato involves a switch from apoplastic to symplastic phloem unloading. The Plant Cell, 13, 385 – 398.
540. von Koskull-Doring, P., Scharf, K.D., Nover, I., 2007, The diversity of plant heat stress transcription factors. Trends Plant Sci. 12, 452, 457.
541. Vos, J., Havercort, A.J., 2007, Water Avaibility and Potato Crop Performance. În Potato Biology and Biotechnology. Advances and Perspectives. Vreugdenhil, D. edit. Elsevier, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York.
542. Vreugdehil, D., 2007, Potato Biology and Biotechnology. Advances and Perspectives. Elsevier, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York.
543. Walker, J., 1994, Structure and function of the receptor-like protein kinase higher plants. Plant Molecular Biology, 26, 1599 – 1609.
544. Wang, H., ş.a. 1998, ICK1 a ciclin-dependent protein kinase inhibitionfrom Arabidopsis thaliana interacts whit both Cdc2aCiclD3 and its expression is induced by abscisic acid. Plant Journal, 15, 501 – 510.
545. Wang, L.J., ş.a., 2005, Changes in salicylic acid and abscisic acid content during heat tratament and their effect on thermotolerance of grape plants. J. Plant Physiology, 52, 516 – 520.
546. Warrit, B., Thrope, M.R., 1977, Stomatal Response to Leaf Water Potentials of Drip Irigated Peach. Physiol. Plant. 38, 98 – 104.
547. Waters, E.R., ş.a., 1996, Evolution, structure and function of the small heat shock proteins in plants. J. Exp. Bot. 296, 325 – 338.
548. Watillon, B.,ş.a., 1993, A calmodulin/calcium-binding serin/threonin protein kinase homologous to the mammalian type II calcium/calmodulin protein kinase is expressed in plant cells Plant Physiology, 101, 1381 – 1384.
549. Watts, R.G. 2007, Global Warming and the Future of the Earth. Mortgan and Claypool Publishers, Univ. Colorado.
550. Webster, A.D., Looney, N.E., 1996, Cherries. Cambridge Univ. Press.
551. Weretilnyk, E.A., Bednarek, S., McCue, K.F., Rhodes, D., Hanson, A.D., 1989, Comparative biochemical and immunological studies of the glycine betaine synthesis pathway in diverse families of dicoltyledons. Planta, 178, 342 – 352.

552. Weretilnyk, E.A., Hanson, A.D., 1990, Molecular cloning of a plant betain aldehyde dehydrogenase an enzyme implicated in adaptation to salinity and drought. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 87, 2745 – 2749.
553. Westgate, M.E., Boyer, J.S., (985, Osmotic adjustment and the inhibition of leaf, root, stem and silk growth at low water potentials in maize. Planta, 164, 540- 549.
554. Wilkinson, R.E., 2000, Plant Environment Interaction. Marcel Dekker Inc. New York – Basel.
555. Wilson, G.L., Ludlow, M.M., 1968, Bean Leaf Expansion in Relation to Temperature. J. Exp. Bot. 19, 309 – 321.
556. Wimmer, B., Lottspeich, F., van der Klei, I., Veenhuis, M., Gietl, C., 1997, The glyoxysomal and plastid molecular chaperones (70-kDa heat shock protein) of watermelon cotyledons are encoded by a single gene. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 94, 13624 – 13629.
557. Witzany, G., Baluska, F., 2012, Biocommunication of Plants. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
558. Wolf, S., Marani,. A, Rudich, J., 1991, Effects of temperature on carbohydrate metabolism in potato plants. Journal of Experimental Botany, 42, 619 – 625.
559. Woodward, J., 2008, Climate Change. DK Publishing, London – New York.
560. Wrench, P.L., Brady, W.C.J., Hinde, R.W., 1977, The surces of carbon for praline osmotically stressed artichoce tuber slices. Austr. Plant Physiol., 4, 703 – 711.
561. Wrzaczek, M., Vainonen, J.P., Gauthier, A.-, Overmier, K., Kangasjărvi, J., 2011, Reactive Oxigen in Abiotic Stress Perception – From Gene to Proteins În, 2013, Abiotic Stress – Plant Responses and Applications in Agriculture. Vahdati, K., Leslie, C. edit. Rjeka, Croația.
562. Xiloyanis, C., Montanaro, G., Dichio, B., 2012, Irigation in Mediteranian Fruit Three Orchads, În Irigation Systems and Practices in Challenging Environments. Le, T.S. edit., InTech, Rijeka, Croația.
563. Xiong, L., Schumaker, K.S., Zhu, J.K., 2002, Cell Signaling during Cold, Drought and Salt Stress. The Plant Cell, Supplement 2002, S165 – S183.
564. Xiong, L., Zhu, J.K., 2002, Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. Plant Cell Environment, 25, 131 – 139.
565. Xiong, L., Zhu, J.K., 2003, Regulation of Abscisic Acid Biosynthesis, Plant Physiology, 133, 29 – 36.
566. Yadav, S.S., Redden, R.J., Hatfield, J.L., Lotze-Campen, H., Hall, A.E., 2011, Crop Adaptation to Climate Change. Wiley – Blackwell Publishing, Oxford.
567. Yalovsky, S., Baluska, F., Jones, A., 2010, Integrated G Proteins Signaling in Plants. Springer.

568. Yamaguchi, M., Tinuu, H., Spurr, A.R., 1964, Effects of soil temperature on growth and nutrition of potato plant and tuberization, composition, and periderm structure of tubers. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 84, 412 – 423.
569. Yamane, T., Jeong, S.T., Yamamoto, N.G., Koshita, Y., Kobayashi, S., 2006, Effect of temperature on anthocyanin biosynthesis in grape berry skins. American J. Enology and Viticulture, vol.57, nr. 1, 54 – 59.
570. Yang, J.Y., ş.a., 2006, The involvement of chloroplast HSP100/ClpB in the acquired thermotolerance in tomato. Plant Molecular Biology, vol. 62, nr. 3, 385 – 395.
571. Yang J, Isabel Ordiz M, Jaworski JG, Beachy RN. Induced accumulation of cuticular waxes enhances drought tolerance in Arabidopsis by changes in development of stomata. Plant Physiol Biochem. 2011; 49(12): 1448-55.
572. Yang, Z., 2008, Intracellular Signaling in Plants. Wiley – Blackwrll, Oxford.
573. Yard, S., Redden, R., Hatfield, J.L., Lotze-Campen, H., Hall, A.E., 2011, Crop Adaptation to Climate Change. Willey-Blackwel.
574. Yhang, J.Y., Creelman R.A., Zhu, J.K., 2004, From laboratory to field. Using information from Arabidopsis to engineer salt, cold and drought tolerance in crops. Plant Physiology, 135, 615 – 621.
575. Yu, X.C., Zhang, D.P.,2006, Abscisic Acid Stimulates a Calcium-Dependent Protein kinaze in Grape Berry. Plant Physiology, 140, 558 – 579.
576. Zaicovski, C.B., Zimmerman, T., Nora, L., Nora, F.L., Silva, J.A., Rombaldi, C.V., 2008, Water stress increased citokinin biosynthes and delay postharvest yellowing of broccoli florets. Postharvest Biology and Technology, 49, 436 – 439.
577. Zalejski, C., Paradis, S., Maldiney, R., Habricot, Y., Miginiac, E., Rona, J-P., Jeannett, E., 2006, Induction of Abscisic Acid-Regulated Gene Expression by Diacylglycerol Pyrophosphate Involves Ca^{2+} and Anion Currents in Arabidopsis Suspension Cells. Plant Physiology August 2006 vol. 141 no. 4 1555-1562.
578. Zamboni, M., Iacono, F., 1988 : Etude des variations du potential osmotique et de l'elasticite cellulaire dans des vignes soumises a un stress hydrique . Conn. Vigne Vin 22, 241-249.
579. Zawadski, T., Trebacz, K., 1985, Action potentials in *Lupinus angustifolius* shoots. VI Propagation of action potential in the stem after the application of mechanical block. J. Exp. Bot. 33, 100 – 110.
580. Zedillo, E., 2008, Global Warming. Center for the study of globalization, *Yale University*
581. Zelitch, I., 1971, Photosynthesis, Photorespiration and Plant Reproductivity. Londra.

582. Zhang, Y., Shih, D.S., 2007, Isolation of an osmotin like protein gene from strawberry and analysis of the response of this gene to abiotic stresses. J. Plant Physiology, 164, 68 – 77.
583. Zhao, C., ş.a., 2007, Constitutive expression of an endoplasmic reticulum small heat shock protein alleviates endoplasmic reticulum stress in transgenic tomato. Journal of Plant Physiology, vol. 164, nr. 7, 835 – 841.
584. Zhu, B., Chen, T.H.H., Li, P.H., 1995, Activation of Two Osmotin-Like Protein Genes by Abiotic Stimuli and Fungal Pathogen in Transgenic Potato Plant. Plant Physiol.,108, 929 - 937.
585. Zhu, J.K., 2001, Plant salt tolerance. Trends in Plant Science, 6, 66 – 71.
586. Zingaretti, S.M., Inácio,M.C., Pereira, L.M., Paz, T.A., França, S.C., 2013, Water Stress and Agriculture. În Responses of Organisms to Water Stress, Akinci Ş. edit. Rijaka, Croația.
587. Zufferey, V. ş.a., 2000, A model analysis of the photosynthetic response of *Vitis vinifera* L. cvs Riesling and Chasselas leaves in the field: I. Interaction of age, light and temperature. Vitis, 39, 19 – 26.
588. *** 2012 – Le changement climatique, ADEME-France



BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tipărit în România
SITECH
Craiova, Aleea Teatrului, nr.2, bl. T1, parter
Tel./Fax: 0251 414 003;
Mobil: 0722 216 508, 0722 216 509, 0741 205 715
e-mail: sitech@rdslink.ro; editura_sitech@yahoo.com

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ISBN 978-606-11-3970-5

UNIVERSITY LIBRARY